

ФІНАНСИ ТА СТАТИСТИКА

УДК 336.717

Білань Н.С., аспірант,

Київський національний економічний університет ім. В.Гетьмана

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ВАЛЮТНОЇ ПОЗИЦІЇ БАНКУ ЗА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Розглянуто підхід до прогнозування вартості під ризиком валютного портфеля банку за методом Монте-Карло. Досліджено на конкретному прикладі основні переваги та недоліки застосування методу стимуляційного моделювання Монте-Карло для оцінки валютних ризиків в умовах українського фінансового ринку

Постановка проблеми. Сучасні валютні ринки характеризуються підвищеною волатильністю валютних курсів, які дедалі важче піддаються прогнозуванню. Це пояснюється інтеграційними процесами у світі, зростанням кількості суб'єктів валютних відносин, появою нових фінансових та банківських продуктів. Розвиток вітчизняного фінансового ринку та валютних відносин посилює вплив валютних ризиків на діяльність української банківської системи. Класично оцінка валютного ризику банку характеризується його відкритими валютними позиціями. Станом на кінець листопада 2009 року операції на українському міжбанківському валютному ринку склали 11 609,7 млн.дол. США, на готівковому валютному ринку - 3 273 млн.дол., а банківські вклади в іноземній валюті перевищили 13 868 млн.дол. Результат від операцій з торгівлі іноземною валютою є важливою складовою фінансового результату вітчизняних банків та складає 2,18% доходів банківської системи України. Тому важливим завданням ризик-менеджменту українських банків є прогнозування можливих збитків від валютних операцій з метою ефективного управління валютною позицією.

На сучасному етапі розвитку банківського бізнесу, економічної статистики, моделювання та інформаційних технологій VaR-методика є популярним методом прогнозування ринкових ризиків банку. Під VaR (Value at Risk) розуміють виражену в грошових одиницях величину, яку не перевищать очікувані протягом певного часу втрати з заданою імовірністю [1; с. 285]. Основними перевагами оцінки вартості під ризиком (VaR) є узагальнюючий ефект впливу різних факторів ризику на інтегральну величину ризику фінансового показника, врахування кореляції між впливом різних факторів ризику та можливість обґрунтованого встановлення лімітів відкритих позицій [2; с. 111].

Стан вивчення проблеми. Показник VaR вперше був використаний у банку "JP Morgan" з метою підвищення ефективності роботи з ризиками. Відтоді VaR як міра ринкового ризику ефективно використовується у світовій практиці банківського ризик-менеджменту для розрахунку лімітів відкритих позицій, достатності капіталу і його розміщення у різних напрямках банківського бізнесу, а також для оцінки дохідності банківських операцій з урахуванням ризику. VaR-методика схвалена Базельським комітетом з банківського регулювання та нагляду і постійно модернізується у напрямку адаптації до умов сучасного фінансового ринку.

Проблеми використання методів оцінки VaR досліджуються як зарубіжними, так і вітчизняними теоретиками і практиками банківського ризик-менеджменту. І.В. Волошин доводить ефективність використання VaR-підходу у процесі оптимізації портфеля активів. Порівнюючи цей підхід з класичним методом вибору оптимального портфеля активів за критерієм Шарпа, автор виділяє чимало переваг VaR-підходу. Зокрема, можливість прямого контролю за ринковими ризиками, а саме за рівнем втрат, пов'язаних зі зміною дохідності активів та відсутність нечіткого поняття міри схильності інвестора до ризику. Схильність інвестора до ризику чітко визначається в термінах VaR-підходу, а саме, рівнем довіри [3; с. 179].

Мета дослідження. Важливою та мало дослідженою проблемою сьогодні є вибір адекватної методики оцінки VaR, яка б відповідала умовам мінливого українського фінансового ринку. Одним з методів оцінки VaR, що ефективно використовується у світовій практиці банківського ризик-менеджменту є метод Монте-Карло. Метою цього дослідження є аналіз особливостей використання методу Монте-Карло для оцінки VaR українськими банками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Безпосередньо питання оцінки Value at Risk частіше зустрічають у російських наукових та ділових виданнях, метою яких в основному є удосконалення методів оцінки VaR у напрямку їх адаптації до умов фінансового ринку, що розвивається. Важливу практичну цінність мають дослідження російського економіста та математика Лобанова А.А., де основна увага приділяється аналізу адекватності використання класичного, дельта-нормального методу оцінки вартості під ризиком. Лобанов виділяє чимало проблем параметричних методів оцінювання VaR: низька точність оцінки ризику нелінійних інструментів (наприклад, опціонів), відхилення розподілу імовірностей від нормального, що породжує т.з. "товсті хвости" та ігнорування ризику поодиноких випадків [2; с. 311]. Як альтернативу класичній методиці RiskMetrics дедалі частіше пропонується використання методів повного оцінювання, зокрема метода Монте-Карло.

Викладення основного матеріалу дослідження. Загалом метод Монте-Карло є групою кількісних методів, що базуються на отриманні великої кількості варіантів реалізації стохастичного (випадкового) процесу, який формується таким чином, щоб його імовірнісні характеристики співпадали з аналогічними величинами задачі, що вирішується. Вважається, що метод Монте-Карло з'явився у 1949 році, коли вийшла стаття Метрополіса і Улама "Метод Монте-Карло". Широкого розвитку цей підхід набув з появою перших електронних обчислювальних машин. Спочатку метод широко застосовувався в ядерній фізиці та математиці, однак зараз він часто використовується для вирішення задач в різних галузях, у тому числі для аналітичних досліджень фінансових ринків. Світова практика банківського ризик-менеджменту підтверджує успішне використання метода Монте-Карло у процесі оцінки вартості під ризиком (VaR) та свідчить про численні його переваги.

По-перше, метод Монте-Карло передбачає моделювання великої кількості сценаріїв зміни цін на активи та повну переоцінку відкритих позицій банку. Тому порівняно з методами локального оцінювання, що базуються на існуючій вартості позиції та лінійній функції, метод Монте-Карло характеризується вищою точністю результатів і дає можливість розрахунку ризиків для фінансових інструментів з нелінійними ціновими характеристиками. Наприклад, вартість похідних цінних паперів у майбутньому залежить від вартості базового активу, а не тільки від зміни їх поточної ціни. Динаміки цін і більшості класичних фінансових активів є результатом впливу багатьох факторів та не може бути адекватно оцінена лінійною функцією.

По-друге, метод Монте-Карло передбачає використання будь-якого розподілу імовірностей на відміну від параметричних методів, що базуються на нормальному розподілі. Для розподілу імовірностей більшості фінансових активів характерні т.з. "товсті хвости" – відхилення країв розподілу від нормального. Як наслідок оцінки VaR, розраховані на основі нормального розподілу, часто завищені або занижені.

По-третє, через можливість моделювання великої кількості траєкторій цін, Монте-Карло дає можливість моделювання несподіваної поведінки ринків – трендів, кластерів високої чи низької волатильності, мінливих кореляцій між факторами ризику, сценаріїв розвитку ситуації тощо. Це підвищує точність оцінки VaR порівняно з методом історичного моделювання та параметричними методами.

По-четверте, використання складних програмних комплексів сприяє подальшому удосконаленню методу Монте-Карло у напрямку збільшення кількості сценаріїв та використання "штучного інтелекту".

Ці переваги обґрунтовують доцільність використання методу Монте-Карло для оцінки ринкових ризиків у вітчизняних фінансових установах.

Метод Монте-Карло ґрунтується на моделюванні випадкових процесів з заданими характеристиками. Зміни цін активів (курсів валют) генеруються псевдовипадково згідно з даними параметрами розподілу, наприклад математичним сподіванням μ та волатильністю σ . Імітований розподіл може бути будь-яким, а кількість сценаріїв траєкторій цін – досить великою.

Траєкторія цін – це послідовність псевдовипадково змодельованих цін, починаючи від діючої ціни і закінчуючи ціною на деякому кроці, наприклад, на тисячному або десятитисячному. Чим більша кількість кроків, тим вища точність методу. Кожна траєкторія – це сценарій, який визначає ціну на останньому кроці, виходячи з існуючої ціни. Потім здійснюється повна переоцінка портфеля за ціною останнього кроку і розрахунок зміни його вартості для кожного сценарію. Оцінка VaR здійснюється згідно розподілу зміни вартості портфеля. Генерація випадкових чисел методом Монте-Карло складається з двох кроків. Спочатку можна скористатися генератором випадкових чисел, рівномірно розподілених в інтервалі між 0 та 1. Потім, використовуючи як аргумент отримані випадкові числа, вираховують значення функції моделюючих значень [1; с. 307]. Методику розрахунку VaR валютної позиції за методом Монте-Карло розглянемо на прикладі конкретного банку. Для цього обрано докризовий період (дані про динаміку валютних курсів станом на 13 жовтня 2008 року). Отже, алгоритм розрахунку VaR валютної позиції банку складається з шести основних етапів:

1. За ретроспективними даними валютних курсів (таблиця 1) з глибиною 250 днів розраховуються логарифми темпів росту валютних курсів: $\ln(x_t / x_{t-1})$.

Таблиця 1. Фрагмент таблиці динаміки курсів валют

Дата/ Валюта	AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
10.10.08	3.456	4.378	4.359	0.904	6.741
09.10.08	3.378	4.478	4.352	0.907	6.764
08.10.08	3.549	4.447	4.294	0.893	6.667
07.10.08	3.644	4.489	4.273	0.889	6.639
06.10.08	3.784	4.521	4.303	0.902	6.736
...
10.10.06	3.759	4.496	4.005	0.853	6.364

Логарифми темпів росту цін на фінансові активи характеризують інтенсивність їх зміни і є випадковими величинами, розподіл яких близький до нормального (таблиця 2).

Таблиця 2. Визначення параметрів розподілу темпів росту валютних курсів

Дата / $\ln(x_t/x_{t-1})$	AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
1	2	3	4	5	6
10.10.08	0.049	-0.006	-0.013	-0.015	-0.014
09.10.08	0.026	0.009	-0.004	-0.003	-0.004
08.10.08	0.037	0.007	0.006	0.014	0.014
07.10.08	0.012	0.011	0.000	0.005	0.005
06.10.08	0.012	0.003	0.005	0.010	0.011

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
...
10.10.06	0.132	0.053	0.088	0.109	0.109
AVG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
σ	0.010	0.006	0.007	0.007	0.007

Далі визначають параметри розподілу темпів росту курсів валют: математичне сподівання μ_x та волатильність σ (таблиця 2).

2. За допомогою датчика випадкових чисел генеруються нормально-розподілені випадкові числа ε з математичним сподіванням, рівним μ_x і стандартним відхиленням σ

3. Отриманими на попередньому кроці випадковими числами ε заповнюється таблиця, розміри якої залежать від кількості сценаріїв (таблиця 3).

Таблиця 3. Фрагмент таблиці випадкових чисел

AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
0.004	0.0023	-0.004	-0.006	-0.001
-0.012	0.0068	-0.009	0.003	0.005
0.0099	0.0087	0.004	-0.003	0.002
0.0014	0.0068	-0.007	0.006	-0.004
-0.011	0.0014	0.002	0.008	-0.005
...
-0.010	0.0094	0.003	-0.003	0.005

4. Розраховується траєкторія моделюючих цін за формулою: $S_t = S_0 \cdot e^{\varepsilon_t \cdot \sigma}$, де e – основа натурального логарифму, S_t – змодельована ціна активу, S_0 – існуюча ціна (таблиця 4).

Таблиця 4. Фрагмент таблиці змодельованих валютних курсів

AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
3.45669	4.37808	4.35973	0.90441	6.74120
3.45606	4.37821	4.35958	0.90448	6.74153
3.45688	4.37826	4.36002	0.90443	6.74140
3.45657	4.37821	4.35965	0.90450	6.74104
3.45610	4.37805	4.35997	0.90451	6.74097
...
3.45613	4.37828	4.35999	0.90443	6.74155

5. Здійснюється переоцінка вартості портфеля за формулою: $\Delta V = k \cdot (S_t - S_0)$, де k – кількість одиниць активу (валютна позиція) (таблиця 5).

Таблиця 5. Фрагмент таблиці переоцінки вартості валютного портфеля банку

AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
1.62	2.49	-10.99	-0.82	-122.32
-4.57	7.11	-21.32	0.39	537.78
3.53	9.09	9.50	-0.41	287.76
0.50	7.09	-16.45	0.81	-427.80
-4.23	1.53	5.98	1.05	-580.54
...
-3.90	9.81	305,216.11	-0.38	578.60

6. Кроки 4 і 5 виконуються визначену кількість разів (наприклад 1000). Отримані 1000 значень ΔV сортуються від найбільшого до найменшого (від самого більшого приросту до самого більшого збитку) (таблиця 6). Ці проранжовані значення можна пронумерувати, наприклад від 1 до 1000. У відповідності з бажаним рівнем довіри $(1 - \alpha)$ ризик-менеджер може визначити VaR як такий максимальний збиток, який не перевищуватиметься у $1000(1 - \alpha)$ випадках, якщо розглядати 1000 сценаріїв, тобто VaR дорівнює абсолютній величині зміни з номером, рівним $1000(1 - \alpha)$ [1; с. 309]. Щоб коректно змоделювати VaR для портфеля активів слід врахувати кореляцію між курсами валют. У таблиці 7 наведена кореляційна матриця для розглянутих валют. Важливо, щоб випадкові величини $\varepsilon_i, \varepsilon_j$ корелювали між собою так як курси валют.

Таблиця 6. Фрагмент таблиці значень переоцінки валютних позицій у євро

EUR	Ранг
287.76	1
-12.93	2
-122.32	3
-156.07	4
...	...

З цією метою використаємо розклад Холецкого, суть якого полягає в розкладі кореляційної матриці на дві (множники Холецкого) (таблиця 8). Кореляційна матриця є симетричною і може бути представлена множенням трикутної матриці нижчого порядку з нулями у верхньому правому куті на таку ж транспоновану матрицю. Наприклад, для випадку двох факторів матимемо:

$$\begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \rho & \sqrt{1-\rho^2} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ 0 & \sqrt{1-\rho^2} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Таблиця 7 Кореляційна матриця курсів валют

Код валюти	AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
AUD	1.00	0.50	0.32	0.54	0.55
BYR	0.11	0.22	0.20	0.27	0.27
CAD	0.50	1.00	0.33	0.49	0.49
CHF	0.32	0.33	1.00	0.86	0.86
DKK	0.54	0.49	0.86	1.00	0.99
EUR	0.55	0.49	0.86	0.99	1.00

Корельовані випадкові числа ε_1 та ε_2 отримують шляхом множення множника Холецкого та вектора незалежних випадкових чисел η :

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \rho & \sqrt{1-\rho^2} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

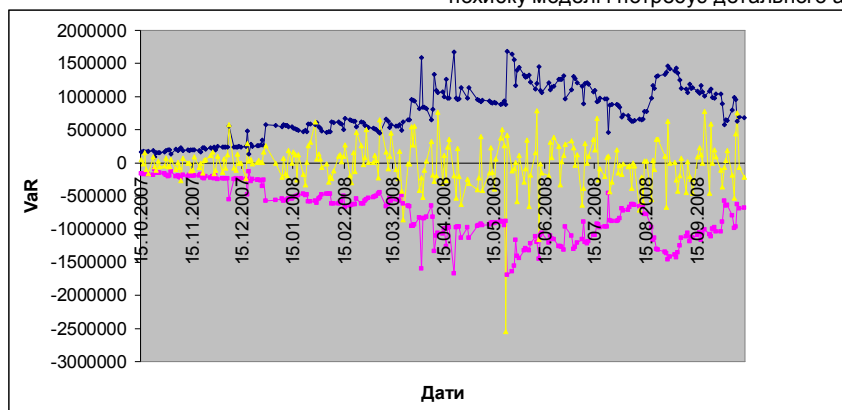


Рис. 1 Бек-тестування VaR, розрахованої згідно дельта-нормального методу RiskMetrics

У процесі тестування доцільно використати динаміку валютних курсів, притаманну стандартній докризовій

При розрахунках необхідно правильно вибрати кількість множників, щоб отримати додатньо визначену матрицю.

Таблиця 8. Фрагмент множника Холецкого, отриманого при розкладі кореляційної матриці курсів валют

Код валюти	AUD	CAD	CHF	DKK	EUR
AUD	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAD	0.526	0.850	0.000	0.000	0.000
CHF	0.324	0.234	0.916	0.000	0.000
DKK	0.540	0.290	0.687	0.388	0.000
EUR	0.542	0.289	0.685	0.388	0.022

На основі застосування описаного алгоритму розраховано значення VaR з імовірністю 95 %, – 3 250 311.18 грн.

Для перевірки ефективності використання методу Монте-Карло проведемо його бек-тестування у порівнянні з коваріаційно-варіаційним методом RiskMetrics згідно вимог Базельського комітету з банківського регулювання та нагляді (рис. 1, 2). Визначення похибок методу здійснюється на основі порівняння фактичних змін вартості портфеля активів та оцінок VaR. Випадки перевищення фактичних переоцінок вартості портфеля активів над абсолютним значенням VaR характеризує похибку моделі і потребує детального аналізу.

ринкової ситуації (жовтень 2008 року) та глибини ретроспективи 250 днів.

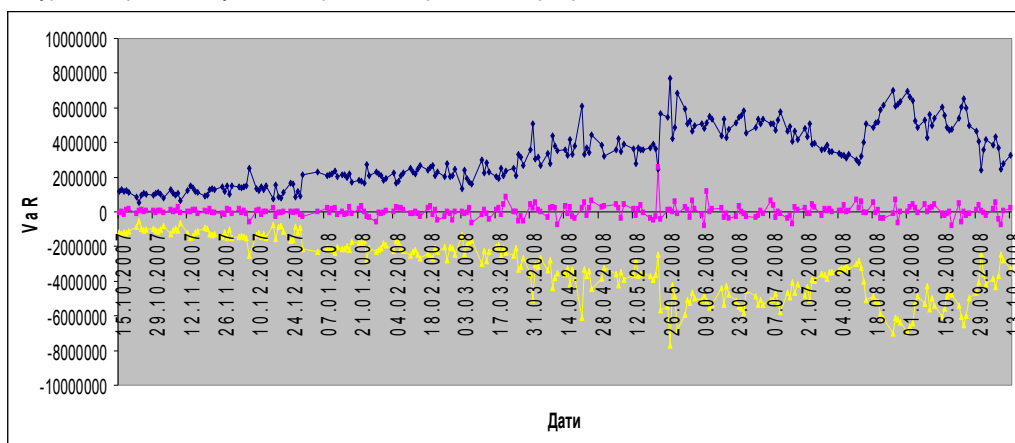


Рис. 2 Бек-тестування VaR, розрахованої методом Монте-Карло

Результати бек-тестування коваріаційного методу RiskMetrics демонструють 8 похибок, з яких 4 похибки – перевищення позитивних відхилень та 4 – негативних. В умовах українського фінансового ринку метод Монте-Карло дає значно точніші результати: 1 похибка за розглянуті 250 днів. Причиною похибки моделі була зміна офіційного валютного курсу гривні до долара США за умов його фіксації НБУ протягом попередніх 250 днів. Це дає підстави зробити висновок про доцільність використання методу Монте-Карло для оцінки VaR в умовах вільного ринку фінансових активів.

Спираючись на складне математичне підґрунтя та припущення теорії ефективного ринку, реалізація методу Монте-Карло може бути пов'язана з чималими труднощами. Метод Монте-Карло потребує потужних обчислювальних ресурсів. Сучасні обчислювальні машини ще не дозволяють обробляти інформацію в режимі реального часу, як цього потребують трейдери, якщо ризик-менеджери хочуть встановлювати VaR-ліміти на величину відкритих позицій з допомогою методу Монте-Карло. Складність розуміння топ-менеджментом перешкоджає прийняттю ефективних рішень, пов'язаних з

мінімізацією ризиків. У моделях, що базуються на історичних даних та малих обсягах вибірки, в умовах регульованого фінансового ринку країн з перехідною економікою присутній ризик похибок.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Проведене дослідження дає підстави зробити певні висновки:

1. Розробка методик VaR різних інструментів значно підвищує ефективність ризик-менеджменту в банку у напрямку управління портфелем фінансових активів та контролю за його ризикованістю.

2. Впровадження методології Монте-Карло сприяє підвищенню точності та адекватності VaR-оцінок. Базуючись на повній переоцінці вартості фінансового інструмента та генерації великої кількості сценаріїв, метод Монте-Карло усунув похибки параметричних методів, пов'язаних з припущеннями про нормальний розподіл імовірностей та лінійні характеристики цін на фінансові активи.

3. Зважаючи на складність реалізації та ймовірність похибок моделі в умовах нерозвинутого фінансового ринку, перспективним напрямом удосконалення інструментарію ризик-менеджменту в банку є паралельна

підготовка більш адекватних методологій, що враховують специфіку українського ринку, наприклад симуляційних сценаріїв, вироблених за допомогою нейронних мереж.

В сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій доцільно відзначити перспективну можливість використання більш точної методології Монте-Карло, що базується на використанні засобів штучного інтелекту (нейронних мереж).

Список використаної літератури:

1. *Лобанов А.А.* Енциклопедія фінансового ризик-менеджменту / А.А. Лобанов, А.В. Чугунова. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 936 с. 2. *Примостка Л.О.* Банківські ризики: теорія та практика управління: монографія / Л.О. Примостка. – К.: КНЕУ, 2008. – 456 с. 3. *Волошин І.В.* Оценка банковских рисков: новые подходы / И.В. Волошин. – К.: Эльга, Ника-Центр, 2004. – 216 с.

БІЛАНЬ Наталія Сергіївна – аспірант кафедри менеджменту банківської діяльності Київського національного економічного університету ім. В.Гетьмана