

В. Є. Бондаренко, канд. техн. наук,
Київський національний економічний університет
Імені Вадима Гетьмана

СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗУ ВАЛЮТНИХ РИЗИКІВ

АНОТАЦІЯ: В роботі описано алгоритм методу Монте-Карло для моделювання і аналізу ризиків валютного портфеля. На основі описаного алгоритму розроблено систему для моделювання і аналізу ризиків валютного портфеля.

ABSTRACT: This paper describes the algorithm of Monte-Carlo method for a currency portfolio modeling and risks analysis. On the base of the described algorithm it is constructed the system for modeling and risks analysis of a currency portfolio.

КЛЮЧОВІ СЛОВА Валютний портфель, ризик, моделювання, методи Монте-Карло.

Вступ

Валютний ризик — це ризик втрат, обумовлений несприятливою зміною курсів іноземних валют у ході здійснення операцій по купівлі-продажу цих валют. Валютний ризик, або ризик курсових втрат, пов'язаний з інтернаціоналізацією ринку банківських операцій, створенням транснаціональних підприємств і банківських установ і є можливістю грошових втрат у результаті коливань валютних курсів.

При цьому, зміна курсів валют відбувається завдяки численним факторам, наприклад, у зв'язку із зміною внутрішньої вартості валют, постійним рухом грошових потоків з країни в країну, спекуляцією і іншими технічними, економічними і політичними факторами. Ключовим фактором, що характеризує будь-яку валюту, є ступінь довіри до валюти.

Довіра до валюти — складний багатофакторний критерій, що складається з кількох показників, наприклад: показник довіри до політичного режиму, ступеня відкритості країни, лібералізації економіки і режиму обмінного курсу, експортно-імпортного балансу країни, базових макроекономічних показників і віри інвесторів у стабільність розвитку країни в майбутньому.

Разом з тим, із всіх факторів, що впливають на курс валют у довгостроковій перспективі, можна виділити два основних.

1. Перший з них це темп інфляції, спостережуваною закономірністю якого є те, що в країні з вищими темпами інфляції знижується курс національної валюти по відношенню до валют країн з нижчим темпом інфляції.

2. Другий фактор полягає у тому, що різкі коливання курсів валют можуть бути зв'язані з причинами, як економічними і політичними, так і чисто спекулятивними. Ринок чуйно реагує на всі зміни економічних показників, прогнози експертів, політичні кризи і політичні чутки.

Необхідно відзначити, що до ризику, обумовленому важко прогнозованими коливаннями валют схильні як країни, де відбуваються ці коливання, так і країни, що є сусідами з кризовими країнами або мають з ними значні економічні або політичні зв'язки.

Мета аналізу валютних ризиків полягає в їх вивченні і оцінці з подальшою мінімізацією валютного ризику і виключенні збитків, що спричиняються коливаннями курсів валют.

Одним з найбільш популярних засобів зниження валютних ризиків є диверсифікація, тобто тактика формування активів, при якій активи установи складаються з набору різних валют, завдяки чому втрати, обумовлені зниженням курсу однієї валюти, можуть бути компенсовані прибутком, отриманим від підвищення курсу іншої валюти. Такий набір валют прийнято називати валютним портфелем.

Враховуючи вищевикладене, великий інтерес представляють методики і технології підвищення якості аналізу валютного портфеля і прогнозу втрат, обумовлених валютними ризиками. Ці методики дозволяють чисельно оцінити ризик втрат валютного портфеля.

Для чисельної оцінки валютного ризику, необхідно використовувати міру ризику. Міра ризику — це спосіб, за допомогою якого, можна чисельно оцінити величину ризику. Для потреб хеджування, необхідно, щоб за допомогою міри ризику можна було оцінювати ризик втрат як окремої валюти, що входить у портфель, так і всього портфеля валют у цілому.

Загальні теоретичні положення науки про фінансові ризики — ризикології обговорювались у роботах [1, 2]. Існує багато технологій оцінки ризиків. Серед них можна виділити як найбільш відомі Value-at-Risk (VAR) і її модифікації Marginal VAR, Incremental VAR, EAR, Cash Flow-at-Risk (C-FaR). Широко відомі й інші методики — бета-аналіз, теорії CAPM, APT, Short Fall, Capital-at-Risk, Maximum Loss. Деякі з цих технологій відомі давно, а інші тільки починають завойовувати популярність у банках, інвестиційних і страхових компаніях, пенсійних фондах.

Зупинимося на технології ризик-менеджменту VAR [3], яка останнім часом знаходить все більше поширення в середовищі інвесторів. Наприклад, як було відмічено в дослідженні New York University Stern School of Business, близько 60 % пенсійних фондів США використовують у своїй роботі VAR метод.

VaR — це статистична оцінка виражена в грошових одиницях базової валюти V (наприклад, у гривнях), яку не перевищать, з заданою ймовірністю (зазвичай $\alpha = 0,95$), очікувані максимальні збитки X валютного портфеля за заданий інтервал часу t (наприклад, за 10 днів).

Таким чином, VaR визначає значення V із співвідношення

$$P(X \leq V) = \alpha,$$

де $P(A)$ — ймовірність події A (у нашому випадку, подія A полягає в тому, що $X \leq V$).

Розрахунком VAR займається досить багато спеціалізованих компаній, а часто і власні підрозділи фінансових структур. Як правило, розрахунки проводяться вручну на невисокому рівні автоматизації, що вимагає використання ряду погано обґрунтованих допущень.

Наприклад, класична техніка розрахунку VAR заснована на припущенні про нормальний розподіл курсів валют, що входять у портфель. Проте, через нестабільність ринку значення курсів валют далеко не завжди підпорядковуються закону нормального розподілу. Ця обставина вимагає, для точної оцінки VAR, відновлення щільності ймовірностей розподілу курсів валют з статистичних даних.

Один з найбільш ефективних методів вирішення вказаних задач є метод моделювання заснований на використанні методів статистичних випробувань (методи Монте-Карло).

Тому, метою роботи є розробка технологічної системи аналізу валютного портфеля, яка базується на методі Монте-Карло з відновленням щільності ймовірностей розподілу курсів валют із статистичних даних. Система, повинна дозволити фінансовому менеджеру:

1. На основі історичного аналізу курсів валют, робити ефективні прогнози прибутків (втрат) як по кожній валюті портфеля, так і по всьому валютному портфелю в цілому.

2. Оптимізувати структуру портфеля так, щоб прогнозовані втрати були мінімальними.

3. Ефективно визначати різні характеристики портфеля ймовірність беззбиткового портфеля, ймовірність отримання мінімального збитку і тому подібне.

Алгоритм методу Монте-Карло, реалізований у системі моделювання і аналізу валютних ризиків

Реалізований алгоритм моделювання і аналізу ризиків валютного портфеля, заснований на використанні методу Монте-Карло, має ряд достоїнств, серед яких найбільш важливі:

- висока точність розрахунків;
- можливість моделювання будь-яких історичних і гіпотетичних розподілів.

Проте, методи Монте-Карло не вільні від недоліків, серед яких можна відзначити:

- ◆ висока складність моделей і відповідно великий ризик її неадекватності;
- ◆ високі вимоги до обчислювальної потужності і значні витрати часу на проведення розрахунків.

Реалізований алгоритм методу Монте-Карло для вирішення задач аналізу валютного портфеля має такий вигляд:

1. За історичними даними курсів валют портфеля розраховуються оцінки математичного очікування \bar{x} і середньоквадратичного відхилення (волатильності) σ по кожній валюті.

2. За допомогою генератора псевдовипадкових чисел, генеруються випадкові значення курсів валют, розподілені за необхідним законом розподілу з математичним очікуванням рівним \bar{x} і середньоквадратичним відхиленням σ . Як показали дослідження, розподіл випадкових величин курсів валют близький до нормального розподілу, тому, як нові гіпотетичні значення курсів у майбутньому можна використовувати генератор псевдовипадкових чисел, розподілених за нормальним законом. Проте, розрахунки будуть точнішими якщо як розподіл прогнозованих курсів валют вибирати емпіричні розподіли, яким підпорядковуються курси валют у ретроспективній вибірці. Саме такі розподіли курсів валют використовуються в проєктованій системі.

3. Отримані в пункті 2 значення курсів валют використовуються для побудови таблиці. Стовпці таблиці задають часові траєкторії модельованих курсів валют (сценарії варіантів розрахунків), а рядки визначають період часу моделювання. Така таблиця будується для кожної валюти. Розмірність таблиці довільна і залежить від наявних обчислювальних потужностей, але щоб метод забезпечував прийнятну точність, таблиця має бути достатньо повною. У наших експериментах була використана таблиця з 11 стовпців (варіантів часових траєкторій) і 20 рядків (кількість торгових днів моделювання). Однак, у разі потреби, розмірність таблиці може бути легко збільшена.

4. На підставі таблиць, побудованих у пункті 3, обчислюються часові траєкторії модельованих курсів валют. Для цього необхідно виконати такі дії:

Спочатку вибирається період глибини часу T (наприклад 20 торгових днів, за який відстежуються історичні зміни курсів P_{it} всіх N вхідних у портфель валют. Де P_{it} курс i -ої валюти портфеля в t -ий момент часу (торговий день). Тут $i = 1, 2, 3 \dots N$, а $t = 1, 2, 3 \dots T$.

Для кожного сценарію обчислюються прирости курсів валют, що входять до портфелю. Ці прирости можна визначити таким співвідношенням:

$$\Delta P_{it} = P_{it} - P_{i0} - 1, \quad (1)$$

де $i = 1, 2, 3 \dots N$, $t = 1, 2, 3, \dots T$, P_{i0} — поточне значення курсу i -ої валюти.

Для кожного сценарію моделюється гіпотетичний курс кожної з валют портфеля. Таке моделювання виконується за формулою:

$$P_{it}^* = P_{i0} + \Delta P_{it}. \quad (2)$$

Тобто, гіпотетичний курс кожною з валют в майбутньому моделюється як поточне значення курсу плюс приріст курсу, відповідно до виконуваного сценарію.

5. Виконується переоцінка вартості всього поточного портфеля по змодельованих курсах валют. Таким чином, для кожного сценарію обчислюється, наскільки змінилася б вартість сьогоднішнього валютного портфеля. Така переоцінка виконується на основі співвідношень :

$$\Delta V_{it} = V_{it} - V_{i0} = Q_i (P_{it}^* - P_{i0}), \quad (3)$$

де ΔV_{it} — приріст вартості валютного портфеля за i -ою валютою для t -го моменту часу, V_{it} — вартість i -ої валюти портфеля в t -ий момент часу, Q_i — кількість i -ої валюти.

6. Визначаємо прогнозоване значення вартості i -ої валюти портфеля в базовій валюті (гривні), що використовується для розрахунку результату для t -го моменту часу:

$$V_{it}^* = (V_{i0} + \Delta V_{it}) K_i, \quad (4)$$

де K_i — вартість i -ої валюти портфеля в базовій валюті (гривні) у теперішній момент часу.

7. Визначаємо нову прогнозовану вартість валютного портфеля в базовій валюті для t -го моменту часу:

$$S_t = \sum_{i=1}^N V_{it}^* . \quad (5)$$

Для отримання емпіричного закону розподілу курсів валют на основі ретроспективної вибірки використовувався метод табличного отримання значень курсів валют. Такий підхід відносно легко формалізується і може бути запрограмований, що дає можливість по заданих статистичних значеннях курсів валют автоматично будувати емпіричну функцію розподілу і визначати їх прогнозовані значення в короткостроковій перспективі.

Програмна реалізація системи моделювання і аналізу валютних ризиків

Для реалізації системи була вибрана потужна мова програмування C++ і її реалізація в середовищі програмування Borland C++ Builder. Загальний вид системи моделювання й аналізу валютних ризиків наведений на рис. 1.

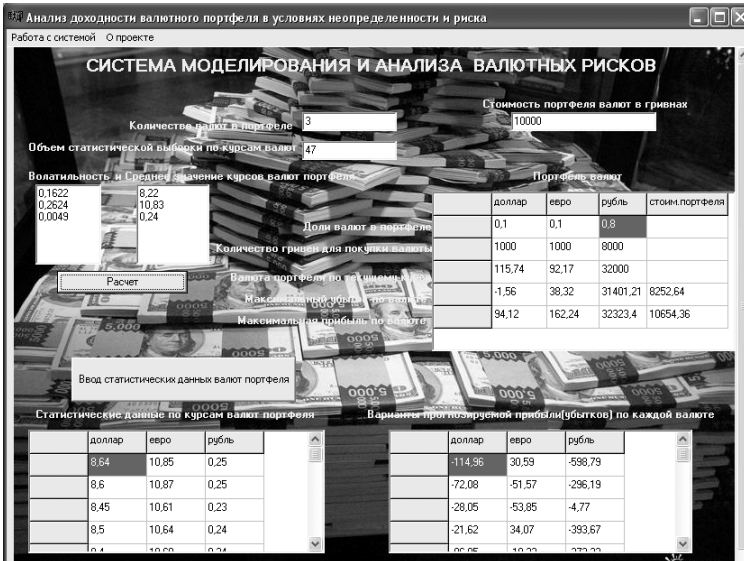


Рис. 1. Загальний вид системи моделювання й аналізу валютних ризиків

Для роботи з системою моделювання і аналізу валютних ризиків, необхідні статистичні дані про курси валют що входять у портфель. Такі дані зручно формувати в системі Excel. Робочий аркуш системи Excel з фрагментом значень ретроспективної статистики курсів валют приведений на рис. 2.

The screenshot shows a Microsoft Excel window with a menu bar (Файл, Правка, Вид, Вставка, Формат, Сервис, Данные) and a toolbar. The active cell is G16. The table below is displayed in the spreadsheet area:

	A	B	C	D
1	Даты	доллар	евро	рубль
2	02.03.2009	8,643	10,8506	0,25
3	03.03.2009	8,6	10,8747	0,25
4	04.03.2009	8,45	10,6098	0,235
5	05.03.2009	8,5	10,642	0,24
6	06.03.2009	8,4	10,6772	0,238
7	10.03.2009	8,358	10,7461	0,245
8	11.03.2009	8,3082	10,6562	0,24
9	12.03.2009	8,25	10,5286	0,24
10	13.03.2009	8,159	10,5829	0,24
11	16.03.2009	8,2	10,6796	0,24

Рис. 2. Фрагмент робочого аркуша системи Excel з статистикою курсів валют, що входять у портфель

Як видно з рис.2., перший рядок статистичних даних по курсах валют містить найменування валют. У нашому випадку долар, євро і російський рубль. У стовпці А, починаючи з клітки А2, розташовуються дати, на які фіксувалися курси валют. У стовпці В розташовуються значення курсів першого виду валюти, яка включена в портфель, значення курсу валюти починаються з клітки В2. У клітці В1 розташовується найменування валюти. Значення курсів наступної валюти портфеля включається в наступний стовпець аркуша Excel (стовпець С). Розташування значень аналогічно розташуванню значень курсів валют записаних у стовпець В. Тобто, значення розташовуються починаючи з клітки С2, а в клітці С1 записується найменування валюти. Аналогічно значення курсів наступних валют портфеля розташовуються в наступних стовпцях робочого аркуша D,E,F і так далі. Після формування вихідних даних у системі Excel, вказаним вище чином, запускається система аналізу валютного портфеля (файл запуску системи Prisk.exe). У вікні, що відкрилося, необхідно занести кількість валют, що входять у портфель, об'єм статистичних даних по кожній валюті, загальну вартість портфеля валют у гривнях, частки кожної валюти в портфелі.

Зрозуміло, що сума всіх часток валют, що входять до портфелю, повинна дорівнювати одиниці. Після натискання кнопки «Ввід статистичних даних валют портфеля», на екрані у вікні висвітлиться діалогове вікно, загальний вид якого приведений на рис. 3. Це діалогове вікно дозволяє вибрати Excel файл, що містить статистичну інформацію по курсах валют портфеля.

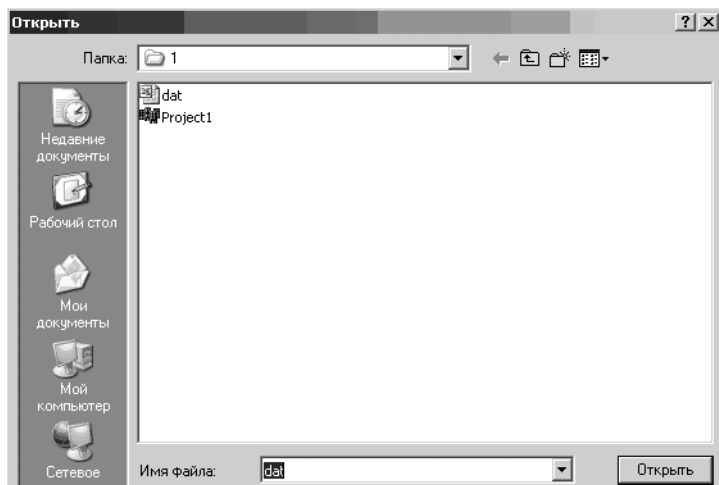


Рис. 3. Вид діалогового вікна для вибору Excel-файла, що містить статистичну інформацію по курсах валют портфеля

Далі вибираємо необхідний файл і натискаємо кнопку «Відкрити». Після чого, статистична інформація по курсах валют прочитується з Excel-файла (наприклад, dat.xls) і заноситься в систему, де відображається у вікні «Статистичні дані по курсах валют портфеля».

Після цього, натискаємо кнопку «Розрахунок» і система виконує розрахунки по розглянутому вище алгоритму. Результати розрахунку будуть виведені в різних вікнах на формі «Аналіз ризиків валютного портфеля». У вікнах «Волатильність» і «Середнє значення курсів валют портфеля» будуть виведені волатильність і середнє значення по кожному виду валюти портфеля. У вікні «Портфель валют» у першому рядку знаходяться введені раніше менеджером частки валют, що складають портфель. У другому рядку, виходячи з введеної менеджером вартості портфеля, обчислюється сума в гривнях, виділена для купівлі різного виду валют портфеля. У третьому рядку «Валюта

портфеля» обчислюється сума валют різного виду, що складають портфель, виходячи з поточного курсу цих валют. У четвертому рядку буде визначений максимальний збиток по кожній валюті і сумарний максимальний збиток по всьому портфелю (стовпець «Вартість портфеля»), а в п'ятому рядку «Максимальний прибуток по валюті» буде обчислений максимальний прибуток по кожній валюті і сумарний прибуток по всьому портфелю (стовпець «Вартість портфеля»).

Результати останніх двох рядків розраховуються на основі даних, обчислених у вікні «Прибуток (збитки) по кожній валюті». Вказаний прибуток (збитки) розраховуються по кожній часовій траскторії модельованих курсів валют (сценарію варіантів розрахунків), яких у нашій моделі використовується одинадцять. Звідси, окрім максимального збитку по валютному портфелю і максимальному прибутку по валютному портфелю обчисленого у вікні «Портфель валют», можна розраховувати різні характеристики портфеля, які цікаві для менеджера на основі даних, розрахованих у вікні «Варіанти прогнозованого прибутку (збитків) по кожній валюті».

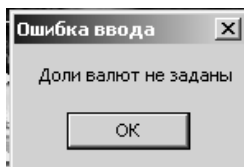
Оскільки система розрахована на роботу людей що не являються професійними фахівцями в області комп'ютерної техніки, то в систему необхідно включити блокування, що не дозволяють користувачеві працювати з помилковими даними.

З цією метою, в систему включено три блокування:

1. Це блокування забороняє виконання розрахунків, якщо вихідна інформація про статистику курсів валют не введена в систему. В цьому випадку, кнопка «Розрахунок» буде заблокована.

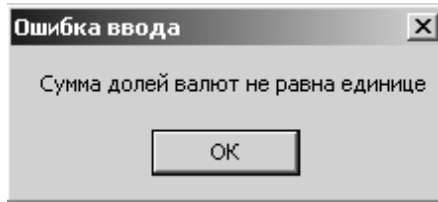


2. Можливо, менеджер натисне кнопку «Розрахунок», забувши заздалегідь ввести частки валют у портфелі. В цьому випадку, розрахунки проведені бути не можуть і система повідомляє менеджера про помилку таким повідомленням.



3. Можуть мати місце помилки при наборі часток валют портфеля, що полягають у тому, що їх сума не дорівнює одиниці.

У цьому випадку, система повідомляє користувача таким повідомленням.



Слід зазначити, що для роботи з системою можна використовувати й елемент меню «Робота з системою». Для перегляду відомостей про авторські права і версії системи потрібно вибрати з меню пункт «Про проект».

Робота з системою моделювання й аналізу валютних ризиків

Маючи прогнозовані значення вартості i -ої валюти портфеля, можна визначати і прогнозувати різні характеристики портфеля.

Наприклад: ймовірність того, що портфель буде беззбитковим, максимально можливі збитки портфеля, максимально можливий прибуток портфеля і тому подібне.

Розглянемо конкретні приклади такого аналізу. Нехай прибуток (збитки) по валютних складових портфеля для кожного з одинадцяти сценаріїв варіантів розрахунків мають вигляд:

Долар	Євро	Рубль
39,05969	38,05965	347,2579
38,47365	24,97965	231,6622
30,81099	15,36359	175,0044
26,371	7,779714	120,4757
16,6762	1,370843	40,05551
10,07833	-0,24964	26,81973
1,12364	-1,03223	23,08937
-18,2897	-31,1727	-43,7303
-23,019	-33,7671	-106,588
-23,9159	-36,2926	-233,458
-59,4184	-39,0728	-442,936

Виходячи з вказаних даних, легко бачити, що найбільший збиток по долару –59,4184, по євро — 39,07, по рублю — 442,94. Таким чином, при максимальних втратах вартість портфеля може скласти 8950,61 грн, а при максимальному прибутку, який складає по долару 39,05, по євро 38,06, по рублю 347,26 вартість портфеля складе 10 290,94 грн. Таким же чином можна визначити різні ймовірності, що характеризують портфель. Наприклад, імовірність того, що всі валюти портфеля будуть прибутковими. Як видно з одинадцяти статистичних експериментів, доларова складова була прибуткова 7 разів, таким чином, імовірність того, що доларова складова буде прибутковою:

$$P_{\text{дол}} = 7/11 = 0,64.$$

Для складової євро з одинадцяти статистичних експериментів прибутковість євро була 5 разів.

$$P_{\text{євро}} = 5/11 = 0,45.$$

З одинадцяти статистичних експериментів рублева складова була прибуткова 7 разів. Тому, для рублевої складової портфеля будемо мати:

$$P_{\text{рубль}} = 7/11 = 0,64.$$

Таким чином, імовірність події, яка полягає в тому, що кожна складова портфеля буде прибутковою, виражається співвідношенням добутків імовірностей.

$$P_{\text{портфеля}} = P_{\text{дол}} \cdot P_{\text{євро}} \cdot P_{\text{рубль}} = 7/11 \cdot 5/11 \cdot 7/11 = 245/1331 = 0,18.$$

Аналогічно, можна визначити ймовірність мінімального збитку по кожній складовій валюті портфеля. Мінімальні прибутки по кожній складовій валюті портфеля і інші характеристики, які цікавлять фінансового менеджера. Вибираючи різні варіанти структури валютного портфеля, можна підбирати її так, щоб мінімізувати очікувані втрати.

У подальших версіях системи передбачається включити в систему модель [4], яка дозволяє автоматично підбирати структуру валютного портфеля, що мінімізує ризик очікуваних втрат і максимізує очікуваний прибуток.

Система може використовуватися не тільки риск-менеджерами для прийняття рішень про ризик валютного портфеля, але і в навчальних цілях як тренажер для напрацювання у студентів навичок роботи в галузі аналізу і управління валютними ризиками.

Висновки

Метод Монте-Карло є одним з перспективних напрямів для моделювання й аналізу ризиків валютного портфеля.

Тому, в роботі представлена система моделювання і аналізу ризиків валютного портфеля, побудована на використанні методу Монте-Карло. Ця система була розроблена на мові С++ і реалізована в інтегрованому середовищі проектування Borland С++ Builder.

На підставі приведених у літературі даних для прогнозування курсів валют, можна використовувати нормальний розподіл, проте, результати будуть точнішими, якщо розподіл курсів валют будуватимуться як емпіричні розподіли, отримані на основі використання ретроспективних статистичних даних про курси валют. Тому, в роботі було відпрацьовано методику побудови такого емпіричного розподілу курсу валют.

З метою зручності роботи, в систему було включено ряд блокувань, що утрудняють користувачеві виконання помилкових дій у процесі роботи системи. Інтерфейс системи проектувався максимально зручний і наглядний для користувача, що дозволяє освоїти роботу з системою за мінімальний час.

Література

1. Вітлінський В. В. Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику. — К.: ДЕМІУР, 1996. — 212 с.
2. Хованов Н.В. Математические модели риска и неопределенности. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1998. — 204 с.
3. Энциклопедия финансового риск-менеджмента. / Под ред. А.А. Лобанова и А.В.Чугунова. — М.: Альпина Паблишер, 2003. — 786 с.
4. Бондаренко В.Є. Модель оптимального формування структури кредитного портфеля // Актуальні проблеми фінансово-грошової політики і трансформація економіки України. — Додаток № 9(14) до журналу «Персонал» № 4(58), 2000. — С. 101—104.