

4. *Примостка Л.О.* Фінансовий менеджмент банку / Примостка Л.О.: [підручник]. — К.: КНЕУ, 2004. — 468 с.

5. *Синки Дж.* Финансовый менеджмент в коммерческом банке и в индустрии финансовых услуг / Синки Дж. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. — 1024 с.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2011 р.

УДК 519.865.7

**В.В. Сердюк,**

Чернівецький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ КРЕДИТНІЙ ПОЛІТИЦІ**

*АНОТАЦІЯ. У роботі запропоновано новий підхід до аналізу структури кредитного портфеля, із застосуванням інструментарію нечіткої логіки, на основі якого побудовано економіко-математичну модель оцінювання відповідності структури кредитного портфеля кредитній політиці комерційного банку, яка ухвалена його керівництвом, у сфері кредитування фізичних осіб.*

*АННОТАЦИЯ. В работе предложен новый подход к анализу структуры кредитного портфеля, с применением инструментария нечеткой логики, на основе которого построена экономико-математическая модель оценки соответствия структуры кредитного портфеля кредитной политике коммерческого банка, которая принята его руководством, в сфере кредитования физических лиц.*

*ANNOTATION. The paper presents a new approach to analyze the structure of loan portfolio, using tools of fuzzy logic on which to build mathematical model of conformity assessment structure of credit portfolio of commercial bank lending policy, which endorsed his leadership in the field of retail lending.*

*КЛЮЧОВІ СЛОВА. кредитна політика, кредитний портфель, нечітка логіка, функція належності.*

Формування структури кредитного портфеля, в умовах обмеженості фінансових ресурсів та відповідно до визначених цілей та мети діяльності комерційного банку є основним завданням, яке постійно потрібно вирішувати керівництву фінансово-кредитної установи.

Метою даної статті є аналіз існуючих методик оцінювання якості формування кредитного портфеля комерційного банку, як з точки зору максимізації його дохідності так і мінімізації відхилення дохідності кредитного портфеля від заданого значення. Та-

кож, представлено нечітку модель, яка дозволяє визначити рівень відповідності структури кредитного портфеля ухваленій кредитній політиці.

Кредитний портфель — це результат діяльності банку у сфері кредитування, який включає в себе сукупність виданих банком кредитів за певний період часу [1].

Розподіл кредитних ресурсів всередині портфеля визначає його структуру, яка формується під впливом наступних факторів:

- дохідність та ризик окремих позик;
- попит позичальників на окремі види кредитів;
- нормативи кредитних ризиків, встановлені НБУ;
- структура кредитних ресурсів банку (короткострокові та довгострокові кошти) [2].

У процесі кредитування, кредитний портфель комерційного банку відображає загальну множину всіх виданих кредитів, як фізичним, так і юридичним особам. Ми ж розглядатимемо частину кредитного портфеля, яка сформована лише за рахунок кредитів виданих фізичним особам.

Розглянемо одну з найпоширеніших моделей, яка дозволяє оцінити якість кредитного портфеля з точки зору максимізації його дохідності.

Припустимо, що кредитний портфель комерційного банку поділений на  $m$  груп ( $i = \overline{1, m}$ ), кожна з яких є окремим кредитним продуктом, а сума коштів розподілена серед  $n$  позичальників ( $j = \overline{1, n}$ ).

Фінансові ресурси, які можуть бути направлені на кредитування фізичних осіб, можуть бути як власними коштами банку ( $SK$ ), так і залученими, які комерційний банк одержує через розміщення у себе, під певну відсоткову ставку ( $d_k$ ), депозитів ( $D_k$ ) від фізичних та юридичних осіб, де  $k \in [1; q]$  — вид депозитної програми. Тоді, для розрахунку очікуваної дохідності кредитного портфеля використовується функція [3]:

$$\sum_{j=1}^n l_j x_j - \sum_{k=1}^q d_k D_k \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $x_j$  — бінарна змінна, яка може приймати значення 1 або 0, залежно від того чи був кредит виданий  $j$ -му позичальнику, чи ні, відповідно;  $l_j$  — очікувана величина доходу при видачі кредиту  $j$ -му позичальнику.

У сфері кредитування фізичних осіб, комерційним банком встановлюються ліміти на можливий обсяг кредиту ( $s_j$ ), у розрахунку на окремого позичальника, залежно від виду кредиту ( $KP_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ ). Тоді об'єм кредитного портфеля по кожному із видів кредиту, повинен задовольняти умові:

$$\sum_{j=1}^n s_j x_j \leq KP_i, \quad i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Відповідно до Положенням НБУ «Про затвердження Положенням про порядок формування і використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків» комерційні банки зобов'язані створювати резерви («резерв під стандартну заборгованість за позиками» та «резерв під нестандартну заборгованість»), для відшкодування втрат у випадку невиконання позичальником умов кредитного договору (табл. 1) [4].

Таблиця 1

**РІВНІ РЕЗЕРВУ ПО ГРУПАХ КРЕДИТІВ**

Групи кредитів	Рівень резерву ( $r_j$ ), %
стандартні кредити	0—2
кредити під контролем	2—5
субстандартні кредити	5—20
сумнівні кредити	20—50
безнадійні кредити	50—100

Для визначення відповідної величини резерву по окремій кредитній угоді ( $r_j$ ), в межах встановленого діапазону, використовують формулу:

$$r_j = r_{i \min} + \frac{r_{i \max} - r_{i \min}}{\sigma_{i \max} - \sigma_{i \min}} (\sigma_j - \sigma_{i \min}), \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де  $r_{i \min}$  — ліва границя відповідного діапазону;  $r_{i \max}$  — права границя відповідного діапазону;  $\sigma_{i \min} = \min_j \sigma_{ij}$  — мінімальне значення середньоквадратичного відхилення очікуваного доходу по  $j$ -й кредитній угоді;  $\sigma_{i \max} = \max_j \sigma_{ij}$  — максимальне значення серед-

ньюкватратичного відхилення очікуваного доходу по  $j$ -й кредитній угоді.

Тоді загальна величина резервного фонду ( $R$ ) кредитного портфеля у сфері кредитування фізичних осіб розраховується за формулою:

$$R = \sum_{j=1}^n r_j s_j x_j \geq \sum_{j=1}^n r_j K P_j . \quad (4)$$

У той же час, загальний обсяг кредитного портфеля ( $A_i$ ) разом із резервним фондом, не повинен перевищувати суми власних коштів банку та коштів залучених через депозити [3]:

$$\sum_{i=1}^m (A_i + R_i) \leq SK + \sum_{k=1}^q D_k - \sum_{k=1}^q d_k D_k . \quad (5)$$

Таким чином, цільова функція (1) з обмеженнями (2), (4), (5) є лінійною оптимізаційною задачею дискретного програмування, для розв'язку якої можна використати методи цілочисельного програмування, такі як методи дискретного динамічного програмування, метод гілок та границь, а також метод Гоморі.

Застосовуючи другий підхід оцінювання якості кредитного портфеля з точки зору мінімізації рівня його ризику припускається, що кредитний та інвестиційний портфель має однакову природу. Класичним методом оцінювання інвестиційного портфеля є підхід Марковіца. Згідно даного підходу кредитний портфель оцінюється з точки зору мінімізації середньокватратичного відхилення очікуваного рівня його доходності [5]:

$$\sigma^2 = \sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j \Rightarrow \sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j} \rightarrow \min \quad (6)$$

У той же час, доходність кредитного портфеля повинна бути не меншою за витрати банку, які пов'язані із обслуговуванням депозитів, інакше діяльність комерційного банку у сфері кредитування буде збитковою:

$$\sum_{j=1}^n \mu_j x_j \geq \sum_{k=1}^K d_k D_k . \quad (7)$$

Плануючи свою кредиту діяльність, банк визначає мінімальну ( $Kr_{\min}$ ) та максимальну ( $Kr_{\max}$ ) суму коштів, яка буде направлена на кредитування фізичних осіб:

$$Kr_{\min} \leq \sum_{j=1}^n s_j x_j \leq Kr_{\max} \Rightarrow Kr_{\min} \leq \sum_{j=1}^n KP_j \leq Kr_{\max} . \quad (8)$$

Отже, при мінімізації функції (6), модель для оцінювання кредитного портфеля на основі модифікованого підходу Марковіца включатиме наступні обмеження (2), (4), (5), (7) і (8).

Представлена модель, за умови мінімізації стандартного відхилення, відноситься до класу статичних моделей нелінійного дискретного програмування з лінійними обмеженнями. Якщо ж мінімізується дисперсія, то дана модель є лінійною.

Представлені моделі дозволяють оцінювати кредитний портфель, як з точки зору максимізації його дохідності, так і з точки зору мінімізації відхилення дохідності окремої кредитної угоди від очікуваного значення.

Ми вважаємо, що основним показником якості формування структури кредитного портфеля є його відповідність меті та цілям діяльності фінансово-кредитної установи, які відображені в кредитній політиці комерційного банку.

У банківському аналізі виділяють три основні типи кредитної політики: агресивна, помірно-агресивна та консервативна [6].

Розділимо весь доступний ресурс, який банк планує розмістити у сфері кредитування фізичних осіб, на дві групи.

Першій групі відповідає змінна («*I-klas*») — це питома вага фінансових ресурсів, які направлені на кредитування позичальників, клас надійності яких високий (клас «*A*» або «*B*»). В якості терм-множини для даної змінної використано множини  $T_1$ , з наступними нечіткими висловлюваннями:  $T_1 = \{ \text{«незначна питома вага коштів виділена на кредитування надійних позичальників»}; \text{«питома вага кредитування надійних позичальників є середньою»}; \text{«значення питомої ваги кредитування надійних позичальників є високим»} \}$  або в символічному виді  $T_1 = \{ \text{«*N*»}, \text{«*S*»}, \text{«*V*»} \}$ , які формують наступні діапазони значень  $N \in [0\%;35\%]$ ,  $S \in [25\%;70\%]$  та  $V \in [65\%;100\%]$  від загального обсягу кредитного портфеля.

Другій групі відповідає змінна «*II-klas*» — питома вага коштів, направлена на видачу беззаставних кредитів та на кредитування позичальників, клас надійності яких «*B*» та нижче. Дана група включає кредитні угоди з підвищеним рівнем ризику, а, отже, і з вищою нормою дохідності. В якості терм-множини для даної змінної використано множини  $T_2$ , до складу якої включено три нечіткі висловлювання:  $T_2 = \{ \text{«обсяг кредитування позичальників з низьким класом надійності є незначним»}; \text{«питома вага}$

кредитних ресурсів направлених на кредитування позичальників, клас надійності яких низький є середнім»; «значення питомої ваги кредитування ненадійних позичальників є високим»} або в символічному виді  $T_2 = \{«N», «S», «V»\}$ , які формують наступні діапазони значень  $N \in [0\%;35\%]$ ,  $S \in [25\%;70\%]$  та  $V \in [65\%;100\%]$  загального обсягу кредитного портфеля. Діапазони значень, які використані при побудові кожного із термів вхідних змінних взяті із внутрішніх інструкцій комерційного банку.

Сума коштів, яка розподілена між цими двома групами, формує загальну структуру кредитного портфеля.

В якості функції належності для всіх термів вхідних змінних використано трапецієвидну функцію. Даний вибір пояснюється тим, що кожен із термів утворює відрізок на якому для будь-якого із аргументів значення функції належності є рівним одиниці (рис. 1).

Для аналітичного представлення функції належності кожного із термів вхідних змінних побудовано систему:

$$\mu_N = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & 0 \leq x \leq 23 \\ \frac{35-x}{12}, & 23 \leq x \leq 35 \\ 0, & x \geq 35 \end{cases}, \quad \mu_S = \begin{cases} 0, & x \leq 33 \\ \frac{x}{12} - 3,75, & 33 \leq x \leq 45 \\ 1, & 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{68-x}{13}, & 55 \leq x \leq 68 \\ 0, & x \geq 68 \end{cases}, \quad \mu_{V,Z} = \begin{cases} 0, & x \leq 65 \\ \frac{x}{10} - 6,5, & 65 \leq x \leq 75 \\ 1, & 75 \leq x \leq 100 \\ 0, & x \geq 100 \end{cases}$$

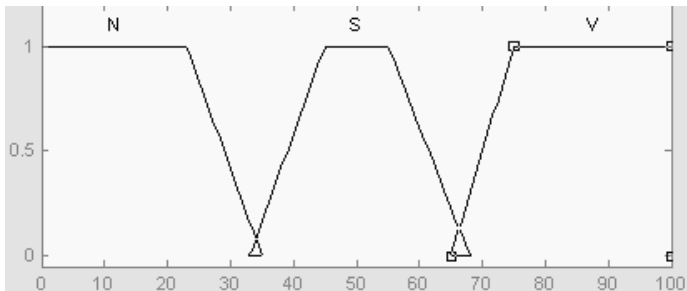


Рис. 1. Функція належності для термів вхідних змінних

Вихідною змінною ( $Y$ ) є «Відповідність структури кредитного портфеля ухваленій кредитній політиці комерційного банку». Терм-множина  $T_Y$ , даної змінної, включає в себе чотири нечіткі висловлювання:  $T_Y = \{«структура кредитного портфеля повністю не відповідає кредитній політиці комерційного банку»; «структура кредитного портфеля частково відповідає кредитній політиці$

комерційного банку»; «структура кредитного портфеля задовольняє кредитній політиці комерційного банку»; «структура кредитного портфеля повністю відповідає кредитній політиці комерційного банку», або в символічному виді  $T_{\gamma} = \{ \text{«Bad»}, \text{«Satisfactorily»}, \text{«Good»}, \text{«Perfectly»} \}$ , що утворюють наступні діапазони значень  $Bad \in [0\%;37\%]$ ,  $Satisfactorily \in [33\%;68\%]$ ,  $Good \in [63\%;79\%]$  та  $Perfectly \in [73\%;100\%]$ .

Виходячи із тих же міркувань, які наведені при побудові функції належності для термів вхідних змінних, для всіх термів вихідної змінної використано трапецієвидну функцію належності (рис. 2).

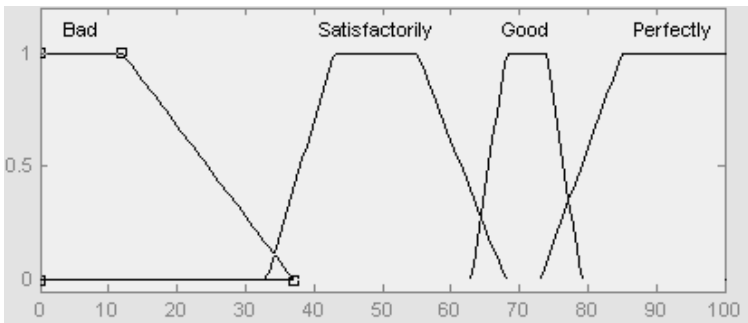


Рис. 2. Функції належності для термів вихідної змінної

Для представлення даних термів в аналітичному вигляді побудовано систему (2).

$$\mu_B = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & 0 \leq x \leq 12 \\ 1,48 - \frac{x}{25}, & 12 \leq x \leq 37 \\ 0 & x \geq 37 \end{cases}, \mu_S = \begin{cases} 0, & x \leq 33 \\ \frac{x}{10} - 3,3, & 33 \leq x \leq 43 \\ 1, & 43 \leq x \leq 55 \\ \frac{68-x}{13}, & 55 \leq x \leq 68 \\ 0, & x \geq 68 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_G = \begin{cases} 0, & x \leq 63 \\ \frac{x}{5} - 12,6, & 63 \leq x \leq 68 \\ 1, & 68 \leq x \leq 74 \\ 15,8 - \frac{x}{5}, & 74 \leq x \leq 79 \\ 0, & x \geq 79 \end{cases}, \mu_P = \begin{cases} 0, & x \leq 73 \\ \frac{x-73}{12}, & 73 \leq x \leq 85 \\ 1, & 85 \leq x \leq 100 \\ 0 & x \geq 100 \end{cases}$$

Розглянемо ситуацію, коли попит на кредит перевищує суму коштів, яка виділена керівництвом комерційного банку на кредитування фізичних осіб. У такому випадку виникає дефіцит вільних коштів. Враховуючи високий рівень доходності операцій пов'язаних із кредитуванням фізичних осіб, керівництво комерційного банку, з метою одержання додаткового прибутку, може направити додатково певну суму коштів на кредитування фізичних осіб.

Представлені у даній статті розроблені нечіткі моделі дозволяють визначити відповідність структури кредитного портфеля визначеній кредитній політиці після розподілу вільних коштів між позичальниками, які відносяться до групи «*I-й клас*» та «*II-й клас*».

Для цього ведемо ще одну вхідну змінну (*III-й клас*). Значення даної змінної визначається, як відношення суми вільних коштів, які направлені на кредитування фізичних осіб до загального обсягу кредитного портфеля.

Чим вище значення змінної *III-й клас*, тим більше вільних коштів, не було розміщено у сфері кредитування, а отже, враховуючи, що банк залучає кошти під певну відсоткову ставку, він може не тільки недоотримати прибуток, але й зазнати збитків.

В якості терм-множини для даної змінної використано множину  $T_3$ , до складу якої включено три нечіткі висловлювання,  $T_3 = \{\text{«сума вільних коштів, по відношенню до загального об'єму кредитного портфеля є незначною»}, \text{«вільні кошти становлять приблизно половину загального об'єму кредитного портфеля»}, \text{«сума вільних коштів значно перевищує загальний об'єм кредитного портфеля»}\}$  або в символічному виді  $T_3 = \{\langle N \rangle, \langle S \rangle, \langle Z \rangle\}$ , які утворюють наступні діапазони значень  $N \in [0; 35]$ ,  $S \in [25; 70]$ ,  $V \in [65; 100]$ .

В якості функції належності для всіх трьох термів використано трапецієвидну функцію, оскільки всі терми утворюють інтервал значень, на якому для будь-якого із аргументів значення функції належності є рівним одиниці.

Отже, значення відповідності структури кредитного портфеля агресивній кредитній політиці, буде збільшуватись прямопропорційно до збільшення значення змінної «*II-й клас*» та оберненопропорційно до збільшення змінної «*III-й клас*» (табл. 2).

До складу системи нечітких знань, на основі яких функціонує нечітка модель, для визначення відповідності структури кредитного портфеля комерційного банку помірно-агресивній кредитній політиці увійшло 26 лінгвістичних правил (табл. 3).



Таблиця 2

**БАЗА ЛІНГВІСТИЧНИХ ПРАВИЛ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ,  
ЯКІ ПРИТРИМУЮТЬСЯ АГРЕСИВНОЇ КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ**

№ п/п	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Y$	$\mu_y$
1	N	N	N	<i>Satisfactorily</i>	0,65
2	N	N	N	<i>Bad</i>	0,35
3	N	S	S	<i>Satisfactorily</i>	0,65
4	N	S	S	<i>Good</i>	0,35
5	N	V	N	<i>Perfectly</i>	1
...	...	...	...	...	...
15	S	N	Z	<i>Bad</i>	1
16	S	S	N	<i>Satisfactorily</i>	0,7
17	S	V	N	<i>Perfectly</i>	0,85
18	S	V	N	<i>Good</i>	0,15
...	...	...	...	...	...
22	V	N	S	<i>Bad</i>	1
23	V	S	N	<i>Satisfactorily</i>	1
24	S	S	N	<i>Good</i>	0,3

Таблиця 3

**БАЗА ЛІНГВІСТИЧНИХ ПРАВИЛ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ,  
ЯКІ ПРИТРИМУЮТЬСЯ ПОМІРНО-АГРЕСИВНОЇ КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ**

№ п/п	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Y$	$\mu_y$
1	N	N	N	<i>Satisfactorily</i>	0,5
2	N	N	N	<i>Good</i>	0,5
3	N	N	Z	<i>Bad</i>	0,7
4	N	N	Z	<i>Satisfactorily</i>	0,3
5	N	S	S	<i>Satisfactorily</i>	1
...	...	...	...	...	...
14	S	N	N	<i>Good</i>	1
15	S	N	S	<i>Satisfactorily</i>	1
16	S	N	Z	<i>Bad</i>	1
17	S	S	N	<i>Perfectly</i>	1
18	S	S	S	<i>Satisfactorily</i>	0,65
19	S	S	S	<i>Good</i>	0,35

Закінчення табл. 3

№ п/п	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Y$	$\mu_y$
...					
22	V	N	N	<i>Perfectly</i>	0,65
23	V	N	N	<i>Good</i>	0,35
24	V	N	S	<i>Satisfactorily</i>	0,7
25	V	N	S	<i>Good</i>	0,3
26	V	S	N	<i>Perfectly</i>	1

Значення відповідності структури кредитного портфеля фінансово-кредитної установи консервативній кредитній політиці, буде збільшуватись прямопропорційного до збільшення значення змінної «I-й клас» та зменшення значення змінної «III-й клас».

До набору лінгвістичних правил, для визначення рівня відповідності структури кредитного портфеля комерційного банку консервативній кредитній політиці, увійшло 26 евристичних правил (табл. 4).

Таблиця 4

**БАЗА ЛІНГВІСТИЧНИХ ПРАВИЛ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ,  
ЯКІ ПРИТРИМУЮТЬСЯ КОНСЕРВАТИВНОЇ КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ**

№ п/п	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Y$	$\mu_y$
1	N	N	N	<i>Satisfactorily</i>	0,75
2	N	N	N	<i>Bad</i>	0,25
3	N	N	Z	<i>Bad</i>	1
4	N	S	S	<i>Bad</i>	0,5
5	N	S	S	<i>Satisfactorily</i>	0,5
...	...	...	...	...	...
12	S	N	N	<i>Good</i>	0,8
13	S	N	N	<i>Perfectly</i>	0,2
14	S	N	S	<i>Good</i>	1
15	S	N	Z	<i>Satisfactorily</i>	0,75
16	S	N	Z	<i>Good</i>	0,25
17	S	S	N	<i>Good</i>	0,3
18	S	S	N	<i>Satisfactorily</i>	0,7
...					
23	V	N	N	<i>Perfectly</i>	1

Закінчення табл. 4

№ п/п	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$Y$	$\mu_y$
24	V	N	S	<i>Perfectly</i>	0,75
25	V	N	S	<i>Good</i>	0,25
26	V	S	N	<i>Good</i>	1

У результаті застосування інструментарію нечіткої логіки, нами побудовано три нечіткі моделі, які, на основі лінгвістичних вхідних змінних, дають можливість визначити відповідність структури кредитного портфеля визначеній кредитній політиці у сфері кредитування фізичних осіб.

Введення змінної «III-klas» дало можливість розподілити вільні кошти, які направлені керівництвом комерційного банку у сферу кредитування фізичних осіб, між позичальника першої та другої групи, при цьому значення відповідності структури кредитного портфеля залишається у допустимих межах.

Отже, в даній роботі проведений аналіз існуючих методик оцінювання якості структури кредитних портфелів, а також, запропонований новий підхід, який дозволяє оцінювати відповідність структури кредитного портфеля визначеній кредитній політиці у сфері кредитування фізичних осіб.

### Література

1. Банківська справа: підручник / під ред. д-ра екон. наук, проф. Г.Г. Коробової. — Вид. зі змін. — М.: Економіст, 2006.
  2. Банківський менеджмент: підручник / кол. авторів; під ред. д-ра екон. наук, проф. О.І. Лаврушина: 2-е вид., перераб. і доп. — М.: КноРус, 2009. — 560 с.
  3. Банківська справа: Підручник / За ред. Г.Н. Белоглазова, Л.П. Кроливецкой: 5-е изд., перераб. і доп. — М.: Фінанси і статистика, 2003. — 592 с.
  4. Постанова Правління Національного банку України від 6 липня 2000 р. № 279 «Про затвердження Положенням про порядок формування та використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків» // Офіційний вісник України. — 2000. — № 32. — Ст. 1378.
  5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. — 9-е изд., стер. — М.: Высш. шк. 2003. — 479 с.
  6. Панова Г. С. Кредитная политика коммерческого банка / Г. С. Панова. — М.: ИКЦ «ДИС», 2007. — 365 с.
- Стаття надійшла до редакції 10.10.2011 р.