

ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ИХ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ

*Институт систем управления НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан

**Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан

***Азербайджанский государственный экономический университет, Баку, Азербайджан

Анотація. Пропонується методика оцінювання діяльності комерційних банків в умовах невизначеності. Як альтернатива обрані чотири комерційних банки, що характеризуються своїми даними про фінансові показники за звітний рік. Для оцінки поточної фінансової стійкості заданих альтернатив застосовується метод нечіткого логічного висновку з урахуванням сформованої заздалегідь шкалою ранжування.

Ключові слова: комерційний банк, фінансовий коефіцієнт стійкості, нечітка безліч, нечітке відношення.

Аннотация. Предлагается методика оценивания деятельности коммерческих банков в условиях неопределенности. В качестве альтернатив выбраны четыре коммерческих банка, характеризующихся своими данными о финансовых показателях за отчетный год. Для оценки текущей финансовой устойчивости заданных альтернатив применяется метод нечеткого логического вывода с учетом сформированной заранее шкалой ранжирования.

Ключевые слова: коммерческий банк, финансовый коэффициент устойчивости, нечёткое множество, нечёткое отношение.

Abstract. The technique of evaluation of performance of commercial banks under uncertainty is proposed. As alternatives, there were selected four commercial banks, which characterized by their data on financial performance for the year. To evaluate the current financial stability of given alternatives there is applied the fuzzy inference taking into account ranking scale which was formed previously.

Keywords: commercial bank, financial sustainability coefficient, fuzzy set, fuzzy relationship.

1. Введение

Современный этап развития финансово-экономических отношений характеризуется острой конкуренцией, попеременным возникновением кризисных явлений в банковском секторе экономики, непостоянством и непредсказуемостью внешних факторов, то есть, по сути, многочисленными факторами неопределенности. Поэтому для поддержания финансовой устойчивости банка и в случае необходимости принятия оперативных решений по сохранению стабильности необходимо проводить перманентные оценки его финансово-экономических составляющих.

При оценке финансовой устойчивости коммерческого банка, которая формируется в процессе всей его финансово-экономической деятельности, определяются:

- возможность банка во всех случаях получать прибыль, то есть чтобы доходы банка постоянно превышали его издержки;
- соотношения накопленных запасов и величины собственных и заемных источников их формирования;
- соотношения между собственными и заемными источниками пассивов.

Анализ финансовой устойчивости коммерческого банка предопределяет оценку его конкурентоспособности. В настоящее время на практике применяются различные методы оценки финансового состояния банков. Однако многие из них опираются на слабоструктурированную для анализа финансовую информацию и не позволяют проследить влияние

показателей, используемых при оценке, на общую финансовую стабильность банка и, как следствие, на его конкурентоспособность.

В связи с этим при оценке финансовой надежности банка первостепенной задачей является нахождение и возможность применения такой универсальной методики, которая могла бы быть, во-первых, системной и, во-вторых, обеспечивала бы получение агрегированных показателей, повышающих общую информативность. С этой целью полагаем обоснованным применение нечетких методов системного анализа слабоструктурированных данных финансовых отчетов коммерческих банков.

Объектом нашего анализа является текущее финансовое состояние произвольного коммерческого банка, которое характеризуется своей финансовой устойчивостью или надежностью, то есть способностью на данный момент противостоять возможным негативным факторам внутренней и внешней среды. В этой связи основная задача заключается в выработке методики для многокритериальной оценки устойчивости коммерческого банка в условиях неопределенности, одним из важных факторов которой является нечеткость (слабоструктурированность) релевантной (доступной) информации.

2. Показатели устойчивости банка и коэффициенты для их оценки

В мировой практике для оценки деятельности банка в настоящее время применяются два основных подхода, один из которых основан на определении рейтинга банка, а другой – на анализе системы финансовых коэффициентов [1–4]. В частности, для установления степени устойчивости (или надежности) банка применяются всевозможные методики составления банковских рейтингов, среди которых наиболее популярной является система «СAMEL» [2]. Однако в современных условиях анализ устойчивости коммерческого банка связан не только с оценкой его устойчивости на определенную дату, но и с прогнозированием его надежности в перспективе.

Поэтому для получения более достоверной и объективной оценки финансово-экономической деятельности коммерческого банка необходимо проводить всестороннее исследование его финансовой устойчивости, которое подразумевает анализ отдельных финансовых показателей в прошлом и настоящем, их трендов и прогнозируемых значений [3, 4]. Другими словами, для оценки финансовой устойчивости банка необходима его оценка в развитии, в сопоставлении с тем, что было с ним раньше, насколько стабильны его показатели и что можно ожидать от них в будущем.

Оценка финансовой устойчивости банка является многокритериальной процедурой, которая предполагает комплексное использование показателей, характеризующих достаточность капитала (ДК), ликвидность (Л), качество пассивов (КП), качество активов (КА), прибыльность (П) и эффективность (Э). На практике в оценке каждого из этих показателей применяется достаточно большое количество коэффициентов. Поэтому возникает задача выбора из существующего множества именно тех коэффициентов, которые оказывают наиболее существенное влияние на финансовую устойчивость коммерческого банка.

Основное требование, предъявляемое к коэффициентам финансовой устойчивости коммерческих банков, заключается в их сочетаемости, взаимной сопоставимости по размерности и направленности. Исходя из этих соображений, в [5] компилирован следующий перечень наиболее часто используемых финансовых коэффициентов устойчивости (табл. 1), где, наряду с соответствующими расчетными формулами, приведены рекомендуемые нормативные значения.

Таблица 1. Система финансовых коэффициентов устойчивости коммерческих банков

Показатель	Коэффициент устойчивости	Расчётная формула	Нормативное значение (%)
ДК	Коэффициент достаточности капитала	$F_1 = \frac{\text{Капитал}}{\text{Активы, взвешенные с учётом риска}} \cdot 100\%$	10 (K≥5 млн евро) 11 (K<5 млн евро)
	Коэффициент достаточности капитала 1-го уровня	$F_2 = \frac{\text{Капитал 1-го уровня}}{\text{Активы, взвешенные с учётом риска}} \cdot 100\%$	6,0 4,0*
КП	Коэффициент клиентской базы	$F_3 = \frac{\text{Вклады граждан} + \text{Средства юридических лиц}}{\text{Общий объём привлечённых средств}} \cdot 100\%$	80
	Коэффициент стабильности ресурсной базы	$F_4 = \frac{\text{Суммарные обязательства} - \text{Обязательства до востребования}}{\text{Суммарные обязательства}} \cdot 100\%$	70
	Коэффициент зависимости от привлечённых МБК	$F_5 = \frac{\text{Привлечённые МБК}}{\text{Общий объём привлечённых средств}} \cdot 100\%$	Не более 15
КА	Коэффициент эффективности использования активов	$F_6 = \frac{\text{Активы, приносящие доход}}{\text{Суммарные активы}} \cdot 100\%$	85
	Коэффициент агрессивности кредитной политики	$F_7 = \frac{\text{Ссудная задолженность}}{\text{Привлечённые ресурсы банка}} \cdot 100\%$	60 – 70
	Коэффициент качества ссудной политики	$F_8 = \frac{\text{Ссудная задолженность} - \text{Расчётный РВПС}}{\text{Ссудная задолженность}} \cdot 100\%$	96 – 99
	Доля просроченных ссуд	$F_9 = \frac{\text{Ссудная задолженность просроченная}}{\text{Суммарная ссудная задолженность}} \cdot 100\%$	Не более 4
	Концентрация кредитных рисков на акционеров (участников)	$F_{10} = \frac{\text{Совокупная сумма кредитных требований в отношении крупных участников (акционеров)}}{\text{Капитал}} \cdot 100\%$	Не более 35
Л	Коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлечённых средств	$F_{11} = \frac{\text{Высоколиквидные активы}}{\text{Привлечённые средства}} \cdot 100\%$	3,0
	Норматив мгновенной ликвидности	$F_{12} = \frac{\text{Высоколиквидные активы}}{\text{Обязательства до востребования}} \cdot 100\%$	15
	Норматив текущей ликвидности	$F_{13} = \frac{\text{Ликвидные активы}}{\text{Обязательства до востребования на срок до 30 дней}} \cdot 100\%$	50
	Коэффициент структуры привлечённых средств	$F_{14} = \frac{\text{Обязательства до востребования}}{\text{Привлечённые средства}} \cdot 100\%$	Не более 50
П	Коэффициент рентабельности активов	$F_{15} = \frac{\text{Прибыль}}{\text{Совокупные активы}} \cdot 100\%$	Не менее 1,5
	Коэффициент рентабельности капитала	$F_{16} = \frac{\text{Прибыль}}{\text{Капитал}} \cdot 100\%$	Не менее 8

	Чистая процентная маржа	$F_{17} = \frac{\text{Чистые процентные доходы}}{\text{Суммарные активы, приносящие процентные доходы}} \cdot 100\%$	Не менее 5
	Структура расходов	$F_{18} = \frac{\text{Административно-управленческие расходы}}{\text{Чистые операционные доходы}} \cdot 100\%$	Не более 85
Э	Соотношение операционных расходов и доходов	$F_{19} = \frac{\text{Операционные расходы}}{\text{Операционные доходы}} \cdot 100\%$	50 – 70
	Соотношение операционных расходов и активов	$F_{20} = \frac{\text{Операционные расходы}}{\text{Суммарные активы}} \cdot 100\%$	Не ниже ставки рефинансирования в $\pm 3\%$

* Рекомендация Базельского комитета.

3. Постановка задачи

Для оценки показателей устойчивости коммерческого банка выберем пять уровней (признаков) сравнения: u_1 – низкий; u_2 – ниже среднего; u_3 – средний; u_4 – выше среднего; u_5 – высокий. Итак, под множеством $S = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$ будем понимать множество признаков, по которым будем классифицировать уровни этих показателей. Тогда, полагая критерии оценки нечёткими множествами, процедуру многокритериальной оценки финансовой устойчивости банка необходимо осуществить с использованием достаточного набора нечётких импликативных правил вида «Если..., тогда ...» и на их основе установить для нее соответствующую шкалу градации. Далее в масштабе данной шкалы следует осуществить количественную оценку устойчивости отдельного коммерческого банка по рассчитанным его финансовым коэффициентам.

4. Точечная оценка альтернатив в нечёткой информационной среде

Рассмотрим задачу точечной оценки альтернатив в условиях доступной нечёткой информации. Для её компьютерной реализации воспользуемся одним из методов нечёткого вывода, сущность которого состоит в следующем [6–8].

Пусть U является множеством альтернатив, а A – его нечётким подмножеством, принадлежность к которому элементов из U определяется соответствующими значениями из $[0, 1]$ функции принадлежности. Предположим, что нечёткие множества A_j описывают возможные значения (термы) лингвистической переменной x . Тогда множество решений (альтернатив) можно характеризовать совокупностью критериев – значениями лингвистических переменных x_1, x_2, \dots, x_p . Например, в нашем случае значением «ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНАЯ» лингвистической переменной $x_1 = \text{ликвидность}$. Совокупность лингвистических переменных (критериев), принимающих подобные значения, могут характеризовать представления о достаточности рассматриваемых альтернатив. Тогда, полагая $S = \text{достаточность}$ также лингвистической переменной, типовое импликативное правило может выглядеть как: «Если $x_1 = \text{НИЗКОЕ}$ и $x_2 = \text{ХОРОШЕЕ}$, тогда $S = \text{ВЫСОКАЯ}$ ».

В общем виде импликативные рассуждения ответственного за оценку финансовой устойчивости коммерческого банка можно представить в виде

$$e_i: \text{«Если } x_1 = A_{1i} \text{ и } x_2 = A_{2i} \text{ и } \dots x_p = A_{pi}, \text{ тогда } S = B_i. \text{»} \quad (1)$$

Далее обозначим пересечение $x_1 = A_{1i} \cap x_2 = A_{2i} \cap \dots \cap x_p = A_{pi}$ в виде $x = A_i$. В дискретном случае операция пересечения нечётких множеств определяется нахождением минимума соответствующих значений их функций принадлежности, то есть

$$\mu_{A_i}(v) = \min_{v \in V}(\mu_{A_{i1}}(u_1), \mu_{A_{i2}}(u_2), \dots, \mu_{A_{ip}}(u_p)), \quad (2)$$

где $V = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_p$, $v = (u_1, u_2, \dots, u_p)$, $\mu_{A_{ji}}(u_j)$ – степень принадлежности элемента u_j нечёткому множеству A_{ji} . Тогда (1) можно представить в более компактном виде:

$$e_i: \text{«Если } x = \tilde{A}_i, \text{ тогда } S = B_i. \text{»} \quad (3)$$

С целью обобщения отмеченных высказываний обозначим базовые множества U и V в виде множества W . Тогда A_i соответственно будет нечётким подмножеством базового множества W , а B_i – нечётким подмножеством единичного интервала $I = [0; 1]$.

Для реализации правил используется операция импликации. В принятых обозначениях выберем импликацию Лукасевича:

$$\mu_H(w, i) = \min_{w \in W}(1, 1 - \mu_A(w) + \mu_B(i)), \quad (4)$$

где H – нечёткое подмножество на $W \times I$, $w \in W$ и $i \in I$.

Аналогичным образом рассуждения (правила) e_1, e_2, \dots, e_q транспонируются в соответствующие нечёткие множества H_1, H_2, \dots, H_q . При этом, обозначая их произведение как $D = H_1 \cap H_2 \cap \dots \cap H_q$, для каждой пары $(w, i) \in W \times I$ получим

$$\mu_D(w, i) = \min_{w \in W}(\mu_{H_j}(w, i)), \quad j = 1 \div q. \quad (5)$$

В этом случае вывод об удовлетворительности альтернативы, описанной нечётким множеством \tilde{A} из W , можно определить через композиционное правило

$$G = A \circ D, \quad (6)$$

где G является нечётким подмножеством единичного интервала I . Тогда в итоге имеем

$$\mu_G(i) = \max_{w \in W}(\min \mu_A(w), \mu_D(w, i)). \quad (7)$$

Сравнение альтернатив осуществляется на основе их точечных оценок. С этой целью вначале для нечёткого подмножества $C \subset I$ определяются α -уровневые множества ($\alpha \in [0; 1]$) в виде $C_\alpha = \{i \mid \mu_C(i) \geq \alpha, i \in I\}$. Затем для каждого из них определяются средние значения соответствующих элементов $M(C_\alpha)$. В общем случае для множества, состоящего из n элементов, имеет место

$$M(C_\alpha) = \sum_{j=1}^n \frac{i_j}{n}, \quad i \in C_\alpha. \quad (8)$$

В итоге точечную оценку нечёткого вывода (альтернативы) C можно получить из равенства

$$F(C) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha) d\alpha, \quad (9)$$

где α_{\max} – максимальное значение на C .

5. Построение шкалы для градации финансовой устойчивости коммерческого банка

Для установления уровней финансовой устойчивости банка воспользуемся следующим набором непротиворечивых рассуждений, учитывающих доминирование показателей с более высоким порядковым номером (табл. 1):

e_1 : «Если эффективность банка высокая, уровень его прибыльности достаточный, а ликвидность является предпочтительной, то его финансовая устойчивость приемлемая (то есть отвечает минимальным требованиям)»;

e_2 : «Если вдобавок к вышеприведённым требованиям объём капитала банка достаточен, то финансовая устойчивость банка более чем приемлемая»;

e_3 : «Если дополнительно к условиям, оговоренным в e_2 , качества его активов и пассивов удовлетворительные, то его финансовая устойчивость безупречная»;

e_4 : «Если для рассматриваемого коммерческого банка имеет место все, что оговорено в e_3 , кроме достаточности капитала, то его финансовая устойчивость очень приемлемая»;

e_5 : «Если эффективность банка высокая, уровень его прибыльности достаточный, уровень ликвидности является предпочтительным, объём капитала достаточен, но при этом качества его активов и пассивов не высокие, то финансовая устойчивость банка все же будет приемлемая»;

e_6 : «Если эффективность банка невысокая и его ликвидность не предпочтительная, то его финансовая устойчивость неприемлемая».

Анализ приведённых высказываний позволяет выявить по отношению к предлагаемой причинно-следственной модели 6 критериев (входных характеристик), используемых для оценки финансовой устойчивости банка: X_1 – эффективность, X_2 – прибыльность, X_3 – ликвидность, X_4 – объём капитала, X_5 – качество пассивов, X_6 – качество активов и один признак в виде выходной характеристики Y – финансовая устойчивость. Тогда, полагая X_i ($i = 1 \div 6$) и Y – лингвистическими переменными, принимающими значения в виде нечётких терм-множеств, переформулируем приведённые высказывания в виде следующих нечётких импликативных правил:

e_1 : «Если X_1 =высокая и X_2 =достаточная и X_3 =предпочтительная, то Y =приемлемая»;

e_2 : «Если X_1 =высокая и X_2 =достаточная и X_3 =предпочтительная и X_4 =достаточный, то Y =более чем приемлемая»;

e_3 : «Если X_1 =высокая и X_2 =достаточная и X_3 =предпочтительная и X_4 =достаточный и X_5 =удовлетворительное и X_6 =удовлетворительное, то Y =безупречная»;

e_4 : «Если X_1 =высокая и X_2 =достаточная и X_3 =предпочтительная и X_5 =удовлетворительное и X_6 =удовлетворительное, то Y =очень приемлемая»;

e_5 : «Если X_1 =высокая и X_2 =достаточная и X_3 =предпочтительная и X_4 =достаточный и X_5 =невысокая и X_6 =невысокая, то Y =безупречная»;

e_6 : «Если X_1 =невысокая и X_3 =непредпочтительная, то Y =неприемлемая».

Выходную лингвистическую переменную Y зададим на дискретном множестве $J = \{0; 0,1; 0,2; \dots; 1\}$. Тогда используемые в импликативных правилах её значения – нечёткие термы можно задать с помощью следующих функций принадлежности [6]:

- S = ПРИЕМЛЕМАЯ как $\mu_s(x) = x, x \in J$;
- MS = БОЛЕЕ ЧЕМ ПРИЕМЛЕМАЯ как $\mu_{MS}(x) = \sqrt{x}, x \in J$;
- P = БЕЗУПРЕЧНАЯ как $\mu_p(x) = \begin{cases} 1, & x = 1, \\ 0, & x < 1, \end{cases} x \in J$;
- VS = ОЧЕНЬ ПРИЕМЛЕМАЯ как $\mu_{VS}(x) = x^2, x \in J$;
- US = НЕПРИЕМЛЕМАЯ как $\mu_{US}(x) = 1 - x, x \in J$.

Фаззификацию термов в левых частях принятых правил осуществим с помощью гауссовских функций принадлежности $\mu_{E_k}(u) = \exp\left(-\frac{(u-100)^2}{\sigma_k^2}\right)$ ($k = 1 \div 5$), восстанавливающих нечёткие множества по опорному вектору $(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$ (рис. 1). Причём значения для σ_k подбираются исходя из степени важности финансового показателя.

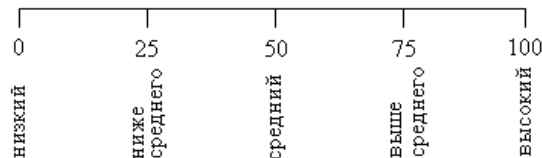


Рис. 1. Числовые уровни для оценки показателей устойчивости

Таким образом, критерии оценки финансовых показателей устойчивости определим в виде следующих нечётких множеств:

- ВЫСОКАЯ (эффективность банка): $A = \frac{0,00002}{u_1} + \frac{0,00193}{u_2} + \frac{0,06218}{u_3} + \frac{0,49935}{u_4} + \frac{1}{u_5}$;
- ДОСТАТОЧНАЯ (прибыльность): $B = \frac{0,00029}{u_1} + \frac{0,01013}{u_2} + \frac{0,12992}{u_3} + \frac{0,60037}{u_4} + \frac{1}{u_5}$;
- ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНАЯ (ликвидность): $C = \frac{0,0019}{u_1} + \frac{0,0297}{u_2} + \frac{0,2096}{u_3} + \frac{0,6766}{u_4} + \frac{1}{u_5}$;
- ДОСТАТОЧНЫЙ (объём капитала): $D = \frac{0,00717}{u_1} + \frac{0,06218}{u_2} + \frac{0,29096}{u_3} + \frac{0,73444}{u_4} + \frac{1}{u_5}$;
- УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЕ (качество пассивов): $E = \frac{0,1183}{u_1} + \frac{0,1054}{u_2} + \frac{0,368}{u_3} + \frac{0,7788}{u_4} + \frac{1}{u_5}$;
- УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЕ (качество активов): $F = \frac{0,0367}{u_1} + \frac{0,1558}{u_2} + \frac{0,4376}{u_3} + \frac{0,8133}{u_4} + \frac{1}{u_5}$.

С учётом этих формализмов нечёткие правила сформируем так:

- e_1 : «Если $X_1 = A$ и $X_2 = B$ и $X_3 = C$, то $Y = S$ »;
- e_2 : «Если $X_1 = A$ и $X_2 = B$ и $X_3 = C$ и $X_4 = D$, то $Y = MS$ »;
- e_3 : «Если $X_1 = A$ и $X_2 = B$ и $X_3 = C$ и $X_4 = D$ и $X_5 = E$ и $X_6 = F$, то $Y = P$ »;
- e_4 : «Если $X_1 = A$ и $X_2 = B$ и $X_3 = C$ и $X_5 = E$ и $X_6 = F$, то $Y = VS$ »;
- e_5 : «Если $X_1 = A$ и $X_2 = B$ и $X_3 = C$ и $X_4 = D$ и $X_5 = \neg E$ и $X_6 = \neg F$, то $Y = \tilde{S}$ »;
- e_6 : «Если $X_1 = \neg A$ и $X_3 = \neg C$, то $Y = US$ ».

Далее, для левых частей этих правил вычислим функции принадлежности $\mu_{\tilde{M}_i}(u)$ ($i = 1 \div 6$). В частности, имеем:

$$e_1: \mu_{M_1}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u) \}, \quad M_1 = \frac{0,000015}{u_1} + \frac{0,00193}{u_2} + \frac{0,062177}{u_3} + \frac{0,36788}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$e_2: \mu_{M_2}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u) \}, \quad M_2 = \frac{0,000015}{u_1} + \frac{0,00193}{u_2} + \frac{0,062177}{u_3} + \frac{0,36788}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$e_3: \mu_{M_3}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u), \dots, \mu_F(u) \}, \quad M_3 = \frac{0,000015}{u_1} + \frac{0,00193}{u_2} + \frac{0,062177}{u_3} + \frac{0,36788}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$e_4: \mu_{M_4}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_E(u), \mu_F(u) \}, \quad \tilde{M}_4 = \frac{0,00002}{u_1} + \frac{0,0019}{u_2} + \frac{0,0622}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$e_5: \mu_{M_5}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u), 1 - \mu_E(u), 1 - \mu_F(u) \},$$

$$\tilde{M}_5 = \frac{0,000015}{u_1} + \frac{0,001930}{u_2} + \frac{0,062177}{u_3} + \frac{0,186664}{u_4} + \frac{0}{u_5};$$

$$e_6: \mu_{M_6}(u) = \min \{ 1 - \mu_A(u), 1 - \mu_C(u) \}, \quad M_6 = \frac{0,998070}{u_1} + \frac{0,970271}{u_2} + \frac{0,790389}{u_3} + \frac{0,323366}{u_4} + \frac{0}{u_5}.$$

В итоге запишем правило в более компактной форме:

e_1 : «Если $X = M_1$, то $Y = S$ »; e_2 : «Если $X = M_2$, то $Y = MS$ »; e_3 : «Если $X = M_3$, то $Y = P$ »;

e_4 : «Если $X = M_4$, то $Y = VS$ »; e_5 : «Если $X = M_5$, то $Y = S$ »; e_6 : «Если $X = M_6$, то $Y = US$ ».

Для преобразования этих правил воспользуемся импликацией Лукасевича (4). Тогда для каждой пары $(u, j) \in U \times Y$ на $U \times Y$ получим следующие нечёткие отношения:

		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
$R_1 =$	u_1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_2	0.9981	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_3	0.9378	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_4	0.6321	0.7321	0.8321	0.9321	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	u_5	0.0000	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	1.0000	1.0000
$R_2 =$		0	0.3162	0.4472	0.5477	0.6325	0.7071	0.7746	0.8367	0.8944	0.9487	1	
	u_1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_2	0.9981	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_3	0.9378	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_4	0.6321	0.9483	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
$R_3 =$	u_5	0.0000	0.3162	0.4472	0.5477	0.6325	0.7071	0.7746	0.8367	0.8944	0.9487	1.0000	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	u_1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_2	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	0.9981	1.0000	
	u_3	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	0.9378	1.0000	
$R_4 =$	u_4	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	0.6321	1.0000	
	u_5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	
		0	0.01	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.49	0.64	0.81	1	
	u_1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
	u_2	0.9981	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
u_3	0.9378	0.9478	0.9778	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
u_4	0.6321	0.6421	0.6721	0.7221	0.7921	0.8821	0.9921	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
u_5	0.0000	0.0100	0.0400	0.0900	0.1600	0.2500	0.3600	0.4900	0.6400	0.8100	1.0000		

$$\begin{array}{c}
\begin{array}{c}
u_1 \\
u_2 \\
R_5 = u_3 \\
u_4 \\
u_5
\end{array}
\left\| \begin{array}{cccccccccccc}
0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\
1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\
0.9981 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\
0.9378 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\
0.6321 & 0.7321 & 0.8321 & 0.9321 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\
0.0000 & 0.1000 & 0.2000 & 0.3000 & 0.4000 & 0.5000 & 0.6000 & 0.7000 & 0.8000 & 0.9000 & 1.0000 \\
1 & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0
\end{array}
\right\| \\
\begin{array}{c}
u_1 \\
u_2 \\
R_6 = u_3 \\
u_4 \\
u_5
\end{array}
\left\| \begin{array}{cccccccccccc}
1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\
1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9981 \\
1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9378 \\
1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9321 & 0.8321 & 0.7321 & 0.6321 \\
1.0000 & 0.9000 & 0.8000 & 0.7000 & 0.6000 & 0.5000 & 0.4000 & 0.3000 & 0.2000 & 0.1000 & 0.0000
\end{array}
\right\|
\end{array}$$

В результате пересечения отношений R_1, R_2, \dots, R_6 в итоге получается общее функциональное решение:

$$R = \begin{array}{c}
u_1 \\
u_2 \\
u_3 \\
u_4 \\
u_5
\end{array}
\left\| \begin{array}{cccccccccccc}
0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\
1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\
0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 & 0.9981 \\
0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9378 \\
0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 & 0.6321 \\
0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000
\end{array}
\right\|$$

Для нахождения точечных оценок заявленных признаков (классификаторов) u_k ($k = 1 \div 5$) применим правило композиционного вывода в нечёткой среде: $E_k = G_k \circ R$, где E_k – нечеткая интерпретация признака, G_k – отображение k -го признака в виде нечёткого подмножества на U . Тогда, согласно (7), имеем

$$\mu_{E_k}(j) = \max_u \left(\min(\mu_{G_k}(u), \mu_R(u)) \right),$$

где $\mu_{G_k}(u) = \begin{cases} 0, & u \neq u_k; \\ 1, & u = u_k. \end{cases}$

Отсюда следует, что $\mu_{E_k}(j) = \mu_R(u_k, j)$, то есть E_k есть k -я строка матрицы R .

Теперь применим описанную выше процедуру для получения точечных оценок признаков. Итак, для первого признака u_1 имеем оценку в виде нечёткого множества:

$$E_1 = \frac{1}{0} + \frac{0,9019}{0,1} + \frac{0,8019}{0,2} + \frac{0,7019}{0,3} + \frac{0,6019}{0,4} + \frac{0,5019}{0,5} + \frac{0,4019}{0,6} + \frac{0,3019}{0,7} + \frac{0,2019}{0,8} + \frac{0,1019}{0,9} + \frac{0,0019}{1,0}.$$

Вычислим её уровневые множества $E_{j\alpha}$ и соответствующие мощности $M(E_{j\alpha})$ по формуле (8):

- для $0 < \alpha < 0,0019$: $\Delta_\alpha = 0,0019$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,50$;
- для $0,0019 < \alpha < 0,1019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,45$;
- для $0,1019 < \alpha < 0,2019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,4$;
- для $0,2019 < \alpha < 0,3019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,35$;
- для $0,3019 < \alpha < 0,4019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,3$;
- для $0,4019 < \alpha < 0,5019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,25$;
- для $0,5019 < \alpha < 0,6019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,20$;
- для $0,6019 < \alpha < 0,7019$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,15$;

- для $0,7019 < \alpha < 0,8019$: $\Delta\alpha=0,1$, $E_{1\alpha}=\{0; 0,1; 0,2\}$, $M(E_{1\alpha})=0,10$;
- для $0,8019 < \alpha < 0,9019$: $\Delta\alpha=0,1$, $E_{1\alpha}=\{0; 0,1\}$, $M(E_{1\alpha})=0,05$;
- для $0,9019 < \alpha < 1$: $\Delta\alpha=0,0981$, $E_{1\alpha}=\{0\}$, $M(E_{1\alpha})=0$.

Далее по формуле (9) находим точечную оценку удовлетворительности по первому признаку:

$$F(E_1) = \frac{1}{1} \int_0^1 M(E_{1\alpha}) d\alpha = (0,5 \cdot 0,0019 + 0,45 \cdot 0,1 + 0,40 \cdot 0,1 + 0,35 \cdot 0,1 + 0,30 \cdot 0,1 + 0,25 \cdot 0,1 + 0,20 \cdot 0,1 + 0,15 \cdot 0,1 + 0,10 \cdot 0,1 + 0,05 \cdot 0,1 + 0 \cdot 0,0981) = 0,2260.$$

Аналогичными действиями устанавливаем точечные оценки для удовлетворительности по остальным признакам:

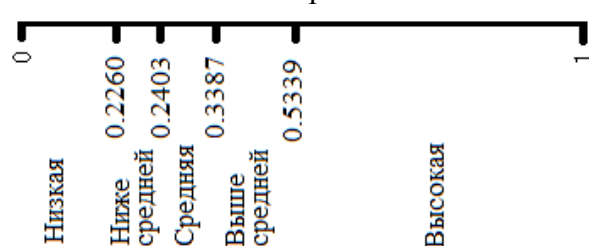


Рис. 2. Шкала для оценки финансовой устойчивости коммерческого банка

- по признаку u_2 - $F(E_2) = 0,2403$;
- по u_3 - $F(E_3) = 0,3387$;
- по u_4 - $F(E_4) = 0,5339$;
- по u_5 - $F(E_5) = 1$.

Таким образом, в принятых допущениях итоговая шкала для оценки финансовой устойчивости коммерческого

банка будет выглядеть, как это показано на рис. 2.

6. Оценка текущей финансовой устойчивости коммерческих банков методом нечеткого логического вывода

Предположим, что необходимо оценить финансовые устойчивости альтернативных коммерческих банков, которые обозначим соответственно через a_1 , a_2 , a_3 и a_4 . Данные о финансовых показателях их деятельности в течение отчетного года представлены в табл. 2. На основании этих данных рассчитываются финансовые коэффициенты, выступающие в качестве критериев, характеризующих финансовую устойчивость коммерческих банков на текущую дату (табл. 3).

Таблица 2. Финансовые данные ежеквартальных отчетов коммерческих банков

№	Финансовый показатель	Значение финансового показателя (y/e)			
		a_1	a_2	a_3	a_4
01	Капитал	113940000	99127800	14242500000	165213000
02	Капитал 1-го уровня	93613000	45400790	117016250	126377550
03	Активы, взвешенные с учётом риска	860780000	740270800	1375975000	1355728 500
04	Вклады граждан	399393000	355459770	499241250	535186620
05	Средства юридических лиц	175509000	159713190	212716908	273794040
06	Общий объём привлечённых средств	963494000	741890380	1011668700	1406701240
07	Суммарные обязательства	989930000	910735600	1138419500	1455197100
08	Обязательства до востребования	346870000	232402900	468274500	527242400
09	Привлечённые МБК	152600000	122080000	164045000	193478000
10	Активы, приносящие доход	850480000	697393600	1032482720	1309739200
11	Суммарные активы	1103870000	872057300	1181140900	1633727600
12	Ссудная задолженность	297870000	256168200	393188400	425954100
13	Расчётный РВПС	16500600	13530492	18975690	26235954

Продолж. табл. 2

14	Привлечённые ресурсы банка	450870000	401274300	595148400	661426290
15	Ссудная задолженность просроченная	15600000	12260000	17940000	21684000
16	Суммарная ссудная задолженность	350600000	308528000	376895000	494346000
17	Совокупная сумма кредитных требований в отношении крупных участников (акционеров)	45890000	40199640	51167350	65163800
18	Высоколиквидные активы	45670000	29093520	52748850	69190050
19	Привлеченные средства	798700000	646148300	1022336000	1218017500
20	Ликвидные активы	90680000	77159612	114710200	139193800
21	Обязательства до востребования и на срок до 30 дней	190600000	167251500	238250000	279229000
22	Прибыль	11557000	9765665	15081885	17520412
23	Чистые процентные доходы	19518000	17566200	23714370	29803986
24	Суммарные активы, приносящие процентные доходы	380600000	336831000	409145000	588027000
25	Административно-управленческие расходы	14780000	11750100	16997000	19879100
26	Чистые операционные доходы	18501000	16003365	19703565	26252919
27	Операционные расходы	52600000	44973000	55493000	78111000
28	Операционные доходы	68580000	51915060	73723500	102732840

Таблица 3. Расчётные и нормативные значения критериев устойчивости коммерческих банков

Критерий качества	Значение критерия для коммерческого банка				Нормативное значение
	a_1	a_2	a_3	a_4	
F_1	13,2368	13,3907	10,3508	12,1863	10
F_2	10,8754	6,1330	8,5042	9,3217	6
F_3	59,6685	69,4406	70,3746	57,5091	80
F_4	64,9601	74,4818	58,8663	63,7683	70
F_5	15,8382	16,4553	16,2153	13,7540	≤ 15
F_6	77,0453	79,9711	87,4140	80,1688	85
F_7	66,0656	63,8387	66,0656	64,3993	60÷70
F_8	94,4605	94,7181	95,1739	93,8407	96÷99
F_9	4,4495	3,9737	4,7599	4,3864	≤ 4
F_{10}	40,2756	40,5533	35,9258	39,4423	≤ 35
F_{11}	5,7180	4,5026	5,1596	5,6805	3
F_{12}	13,1663	12,5186	11,2645	13,1230	15
F_{13}	47,5761	46,1339	48,1470	49,8493	50
F_{14}	43,4293	35,9674	45,8044	43,2869	≤ 50
F_{15}	1,0470	1,1198	1,2769	1,0724	$\geq 1,5$
F_{16}	10,1431	9,8516	10,5894	10,6047	≥ 8
F_{17}	5,1282	5,2151	5,7961	5,0685	≥ 5
F_{18}	79,8876	73,4227	86,2636	75,7215	≤ 85
F_{19}	76,6987	86,6280	75,2718	76,0331	50÷70
F_{20}	4,7651	5,1571	4,6983	4,7812	$\geq 4,75$

Теперь, после того как мы установили обоснованную шкалу для оценки финансовой устойчивости коммерческого банка и рассчитали критерии качества, получим точечные оценки рассматриваемых альтернативных банков. Для этого вначале воспользуемся мето-

дом нечеткого логического вывода, суть которого подробно изложена в 4-ом разделе. Для его применения за основу выберем следующие непротиворечивые рассуждения:

e_1 : «Если соотношение операционных расходов и активов не ниже ставки рефинансирования, соотношение операционных расходов и доходов в пределах нормы, структура расходов не более 85%, чистая процентная маржа не менее 5%, коэффициент рентабельности капитала не менее 8%, коэффициент рентабельности активов не менее 1,5%, коэффициент структуры привлеченных средств не более 50%, норматив текущей ликвидности, норматив мгновенной ликвидности и коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлеченных средств в пределах нормы, то финансовая устойчивость банка приемлемая (то есть отвечает минимальным требованиям)»;

e_2 : «Если вдобавок к вышеприведенным требованиям коэффициенты достаточности капитала и капитала 1-го уровня в пределах нормы, то финансовая устойчивость банка более чем приемлемая»;

e_3 : «Если дополнительно к условиям, оговоренным в e_2 , коэффициенты клиентской базы и стабильности ресурсной базы в пределах нормы, коэффициент зависимости от привлеченных МБК не более 15%, коэффициенты эффективности использования активов, качества ссудной политики и агрессивности кредитной политики в пределах нормы, доля просроченных ссуд не более 4%, а концентрация кредитных рисков на акционеров не более 35%, то финансовая устойчивость банка безупречная (то есть отвечает всем предъявляемым требованиям)»;

e_4 : «Если для коммерческого банка имеет место все, что оговорено в e_3 , кроме надлежащих показателей достаточности капитала, то его финансовая устойчивость очень приемлемая»;

e_5 : «Если соотношение операционных расходов и активов не ниже ставки рефинансирования, соотношение операционных расходов и доходов в пределах нормы, структура расходов не более 85%, чистая процентная маржа не менее 5%, коэффициент рентабельности капитала не менее 8%, коэффициент рентабельности активов не менее 1,5%, коэффициент структуры привлеченных средств не более 50%, норматив текущей ликвидности, норматив мгновенной ликвидности и коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлеченных средств в пределах нормы, но при этом коэффициенты клиентской базы и стабильности ресурсной базы не в пределах нормы, коэффициент зависимости от привлеченных МБК составляет более 15%, коэффициенты эффективности использования активов, качества ссудной политики и агрессивности кредитной политики не в пределах нормы, доля просроченных ссуд составляет более 4%, а концентрация кредитных рисков на акционеров составляет более 35%, то финансовая устойчивость банка все же будет приемлемая»;

e_6 : «Если соотношение операционных расходов и активов ниже ставки рефинансирования, соотношение операционных расходов и доходов не в пределах нормы, коэффициент структуры привлеченных средств составляет более 50%, нормативы текущей и мгновенной ликвидностей, коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлеченных средств не в пределах нормы, то финансовая устойчивость банка неприемлемая».

Анализ данных рассуждений позволяет выявить 20 критериев, используемых в качестве значений соответствующих лингвистических переменных F_k ($k = 1 \div 20$) для многокритериальной оценки финансовой устойчивости альтернативных коммерческих банков. Результатом такой оценки является одно из значений лингвистической переменной «финансовая устойчивость».

Итак, взяв за основу термы обозначенных лингвистических переменных, переформулируем приведенные рассуждения в виде следующих импликативных правил:

e_1 : «Если F_{20} =НЕ НИЖЕ 4,75 и F_{19} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{18} =НЕ БОЛЕЕ 85 и F_{17} =НЕ МЕНЕЕ 5 и F_{16} =НЕ МЕНЕЕ 8 и F_{15} =НЕ МЕНЕЕ 1,5 и F_{14} =НЕ БОЛЕЕ 50 и F_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{12} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то Y =ПРИЕМЛЕМАЯ»;

e_2 : «Если F_{20} =НЕ НИЖЕ 4,75 и F_{19} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{18} =НЕ БОЛЕЕ 85 и F_{17} =НЕ МЕНЕЕ 5 и F_{16} =НЕ МЕНЕЕ 8 и F_{15} =НЕ МЕНЕЕ 1,5 и F_{14} =НЕ БОЛЕЕ 50 и F_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{12} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_1 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_2 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то Y =БОЛЕЕ ЧЕМ ПРИЕМЛЕМАЯ»;

e_3 : «Если F_{20} =НЕ НИЖЕ 4,75 и F_{19} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{18} =НЕ БОЛЕЕ 85 и F_{17} =НЕ МЕНЕЕ 5 и F_{16} =НЕ МЕНЕЕ 8 и F_{15} =НЕ МЕНЕЕ 1,5 и F_{14} =НЕ БОЛЕЕ 50 и F_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{12} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_1 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_2 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_3 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_4 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_5 =НЕ БОЛЕЕ 15 и F_6 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_7 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_8 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_9 =НЕ БОЛЕЕ 4 и F_{10} =НЕ БОЛЕЕ 35, то Y =БЕЗУПРЕЧНАЯ»;

e_4 : «Если F_{20} =НЕ НИЖЕ 4,75 и F_{19} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{18} =НЕ БОЛЕЕ 85 и F_{17} =НЕ МЕНЕЕ 5 и F_{16} =НЕ МЕНЕЕ 8 и F_{15} =НЕ МЕНЕЕ 1,5 и F_{14} =НЕ БОЛЕЕ 50 и F_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{12} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_3 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_4 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_5 =НЕ БОЛЕЕ 15 и F_6 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_7 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_8 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_9 =НЕ БОЛЕЕ 4 и F_{10} =НЕ БОЛЕЕ 35, то Y =ОЧЕНЬ ПРИЕМЛЕМАЯ»;

e_5 : «Если F_{20} =НЕ НИЖЕ 4,75 и F_{19} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{18} =НЕ БОЛЕЕ 85 и F_{17} =НЕ МЕНЕЕ 5 и F_{16} =НЕ МЕНЕЕ 8 и F_{15} =НЕ МЕНЕЕ 1,5 и F_{14} =НЕ БОЛЕЕ 50 и F_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{12} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_1 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_2 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_3 =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_4 =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_5 =БОЛЕЕ 15 и F_6 = НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_7 =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_8 =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_9 =БОЛЕЕ 4 и F_{10} =БОЛЕЕ 35, то Y =ПРИЕМЛЕМАЯ»;

e_6 : «Если F_{20} =НИЖЕ 4,75 и F_{19} =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{14} =БОЛЕЕ 50 и F_{13} =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{12} =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и F_{11} =НЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то Y =НЕПРИЕМЛЕМАЯ».

В качестве универсума для нечетких подмножеств, описывающих значения лингвистической переменной Y , выберем дискретное множество $J = \{0; 0,1; 0,2; \dots; 1\}$, а в качестве функций принадлежности, восстанавливающих эти нечёткие множества, выберем рассмотренные в 5-ом разделе функции.

Для фаззификации термов из левых частей импликативных правил в качестве компонент опорного вектора выберем рассматриваемые альтернативы: a_1 , a_2 , a_3 и a_4 . Тогда, используя гауссовские функции в качестве функций принадлежности, устанавливающих степень отношения каждой из альтернатив к заданному нечёткому терм-множеству, как к значению соответствующей лингвистической переменной F_k ($k = 1 \div 20$), имеем:

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент достаточности капитала):

$$A_1 = \frac{0,9005}{a_1} + \frac{0,8914}{a_2} + \frac{0,9988}{a_3} + \frac{0,9533}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент достаточности капитала 1-го уровня):

$$A_2 = \frac{0,7884}{a_1} + \frac{0,9998}{a_2} + \frac{0,9392}{a_3} + \frac{0,8955}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент клиентской базы):

$$A_3 = \frac{0,0160}{a_1} + \frac{0,3279}{a_2} + \frac{0,3559}{a_3} + \frac{0,0064}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент стабильной ресурсной базы):

$$A_4 = \frac{0,7757}{a_1} + \frac{0,8180}{a_2} + \frac{0,2895}{a_3} + \frac{0,6782}{a_4};$$

НЕ БОЛЕЕ 15% (коэффициент зависимости от привлечения МБК):

$$A_5 = \frac{0,9930}{a_1} + \frac{0,9790}{a_2} + \frac{0,9853}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент эффективности использования активов):

$$A_6 = \frac{0,5311}{a_1} + \frac{0,7765}{a_2} + \frac{0,9434}{a_3} + \frac{0,7918}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент агрессивности кредитной политики):

$$A_7 = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент качества ссудной задолженности):

$$A_8 = \frac{0,9766}{a_1} + \frac{0,9837}{a_2} + \frac{0,9932}{a_3} + \frac{0,9544}{a_4};$$

НЕ БОЛЕЕ 4% (доля просроченных ссуд):

$$A_9 = \frac{0,9980}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{0,9942}{a_3} + \frac{0,9985}{a_4};$$

НЕ БОЛЕЕ 35% (концентрация кредитных рисков на акции):

$$A_{10} = \frac{0,7571}{a_1} + \frac{0,7346}{a_2} + \frac{0,9915}{a_3} + \frac{0,8209}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлеченных средств):

$$A_{11} = \frac{0,9288}{a_1} + \frac{0,9777}{a_2} + \frac{0,9544}{a_3} + \frac{0,9307}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (норматив мгновенной ликвидности):

$$A_{12} = \frac{0,9669}{a_1} + \frac{0,9403}{a_2} + \frac{0,8698}{a_3} + \frac{0,9654}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (норматив текущей ликвидности):

$$A_{13} = \frac{0,9429}{a_1} + \frac{0,8612}{a_2} + \frac{0,9662}{a_3} + \frac{0,9998}{a_4};$$

НЕ БОЛЕЕ 50% (концентрация структуры привлеченных средств):

$$A_{14} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

НЕ МЕНЕЕ 1,5% (коэффициент рентабельности активов):

$$A_{15} = \frac{0,9980}{a_1} + \frac{0,9986}{a_2} + \frac{0,9995}{a_3} + \frac{0,9982}{a_4};$$

НЕ МЕНЕЕ 8% (коэффициент рентабельности капитала):

$$A_{16} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

НЕ МЕНЕЕ 5% (чистая процентная маржа):

$$A_{17} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

НЕ БОЛЕЕ 85% (структура расходов):

$$A_{18} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{0,9842}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ (соотношение операционных расходов и доходов):

$$A_{19} = \frac{0,6384}{a_1} + \frac{0,0630}{a_2} + \frac{0,7574}{a_3} + \frac{0,6949}{a_4};$$

НЕ НИЖЕ 4,75% (соотношение операционных расходов и активов):

$$A_{20} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4}.$$

Таким образом, с учётом полученных обозначений правила e_j ($j = 1 \div 6$) запишем в виде:

e_1 : «Если $X = A_{20}$ и A_{19} и A_{18} и A_{17} и A_{16} и A_{15} и A_{14} и A_{13} и A_{12} и A_{11} , то $Y = \text{ПРИЕМЛЕМАЯ}$ »;

e_2 : «Если $X = A_{20}$ и A_{19} и A_{18} и A_{17} и A_{16} и A_{15} и A_{14} и A_{13} и A_{12} и A_{11} и A_1 и A_2 , то $Y = \text{БОЛЕЕ ЧЕМ ПРИЕМЛЕМАЯ}$ »;

e_3 : «Если $X = A_{20}$ и A_{19} и A_{18} и A_{17} и A_{16} и A_{15} и A_{14} и A_{13} и A_{12} и A_{11} и A_1 и A_2 и A_3 и A_4 и A_5 и A_6 и A_7 и A_8 и A_9 и A_{10} , то $Y = \text{БЕЗУПРЕЧНАЯ}$ »;

e_4 : «Если $X = A_{20}$ и A_{19} и A_{18} и A_{17} и A_{16} и A_{15} и A_{14} и A_{13} и A_{12} и A_{11} и A_3 и A_4 и A_5 и A_6 и A_7 и A_8 и A_9 и A_{10} , то $Y = \text{ОЧЕНЬ ПРИЕМЛЕМАЯ}$ »;

e_5 : «Если $X = A_{20}$ и A_{19} и A_{18} и A_{17} и A_{16} и A_{15} и A_{14} и A_{13} и A_{12} и A_{11} и A_1 и A_2 и не A_3 и не A_4 и не A_5 и не A_6 и не A_7 и не A_8 и не A_9 и не A_{10} , то $Y = \text{ПРИЕМЛЕМАЯ}$ »;

e_6 : «Если $X = \text{не } A_{20}$ и не A_{19} и не A_{14} и не A_{13} и не A_{12} и не A_{11} , то $Y = \text{НЕПРИЕМЛЕМАЯ}$ ».

Далее, как и в предыдущем случае, применяя правило пересечения нечетких множеств, для левых частей полученных правил получим результирующие нечёткие множества:

$$M_1 = \frac{0,6384}{a_1} + \frac{0,0630}{a_2} + \frac{0,7574}{a_3} + \frac{0,6949}{a_4}; M_2 = \frac{0,6384}{a_1} + \frac{0,0630}{a_2} + \frac{0,7574}{a_3} + \frac{0,6949}{a_4};$$

$$M_3 = \frac{0,0160}{a_1} + \frac{0,0630}{a_2} + \frac{0,2895}{a_3} + \frac{0,0064}{a_4}; M_4 = \frac{0,0160}{a_1} + \frac{0,0630}{a_2} + \frac{0,2895}{a_3} + \frac{0,0064}{a_4};$$

$$M_5 = \frac{0}{a_1} + \frac{0}{a_2} + \frac{0}{a_3} + \frac{0}{a_4}; M_6 = \frac{0}{a_1} + \frac{0}{a_2} + \frac{0}{a_3} + \frac{0}{a_4}.$$

В итоге правила будут выглядеть в более компактной форме:

e_1 : «Если $X = M_1$, то $Y = S$ »; e_2 : «Если $X = M_2$, то $Y = MS$ »; e_3 : «Если $X = M_3$, то $Y = P$ »; e_4 : «Если $X = M_4$, то $Y = VS$ »; e_5 : «Если $X = M_5$, то $Y = S$ »; e_6 : «Если $X = M_6$, то $Y = US$ ».

Преобразуя эти правила уже в привычном стиле, в итоге получим следующее общее функциональное решение:

$$R = \begin{matrix} & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.9 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \left\| \begin{matrix} 0.3616 & 0.4616 & 0.5616 & 0.6616 & 0.7616 & 0.8616 & 0.9616 & 0.9840 & 0.9840 & 0.9840 & 1.0000 \\ 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 0.9370 & 1.0000 \\ 0.2426 & 0.3426 & 0.4426 & 0.5426 & 0.6426 & 0.7105 & 0.7105 & 0.7105 & 0.7105 & 0.7105 & 0.7105 & 1.0000 \\ 0.3051 & 0.4051 & 0.5051 & 0.6051 & 0.7051 & 0.8051 & 0.9051 & 0.9936 & 0.9936 & 0.9936 & 0.9936 & 1.0000 \end{matrix} \right\| \end{matrix}$$

Нечётким выводом о степени приемлемости финансовой устойчивости 1-го банка (a_1) является нечеткое подмножество универсума J со значениями функции принадлежности, расположенными в первой строке матрицы R :

$$E_1 = \frac{0,3616}{0} + \frac{0,4616}{0,1} + \frac{0,5616}{0,2} + \frac{0,6616}{0,3} + \frac{0,7616}{0,4} + \frac{0,8616}{0,5} + \frac{0,9616}{0,6} + \frac{0,9840}{0,7} + \frac{0,9840}{0,8} + \frac{0,9840}{0,9} + \frac{1,0000}{1,0}.$$

Точечную оценку (дефаззификацию) данного множества осуществим по привычной схеме:

- для $0 < \alpha < 0,3616$: $\Delta_\alpha = 0,3616$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,50$;
- для $0,3616 < \alpha < 0,4616$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,55$;
- для $0,4616 < \alpha < 0,5616$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,6$;
- для $0,5616 < \alpha < 0,6616$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,65$;
- для $0,6616 < \alpha < 0,7616$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,7$;
- для $0,7616 < \alpha < 0,8616$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,75$;
- для $0,8616 < \alpha < 0,9616$: $\Delta_\alpha = 0,1$, $E_{1\alpha} = \{0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,80$;
- для $0,9616 < \alpha < 0,9840$: $\Delta_\alpha = 0,0224$, $E_{1\alpha} = \{0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,85$;
- для $0,9840 < \alpha < 1$: $\Delta_\alpha = 0,0160$, $E_{1\alpha} = \{1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 1$.

$$F(E_1) = \frac{1}{1} \int_0^1 M(E_{1\alpha}) d\alpha = (0,5 \cdot 0,3616 + 0,55 \cdot 0,1 + 0,60 \cdot 0,1 + 0,65 \cdot 0,1 + 0,70 \cdot 0,1 + 0,75 \cdot 0,1 + 0,80 \cdot 0,1 + 0,85 \cdot 0,0224 + 1 \cdot 0,0160) = 0,6209.$$

Аналогичными действиями получим искомые точечные оценки для остальных банков: $F(E_2) = 0,5315$, $F(E_3) = 0,7117$ и $F(E_4) = 0,6392$. Как видно из полученных

результатов, наиболее приемлемой финансовой устойчивостью обладает 3-й банк (a_3), имеющий наибольшее значение точечной оценки. Далее по списку: a_4 , a_1 и a_2 . При этом, согласно полученной шкале ранжирования (рис. 2), если коммерческие банки a_1 , a_3 и a_4 обладают высокой степенью финансовой устойчивости, то банк a_2 обладает более средней степенью устойчивости.

7. Заключение

В результате применения механизма нечёткого вывода получена шкала для градации уровней финансовых устойчивостей коммерческих банков. Опираясь на полученную шкалу, получены оценки финансовых устойчивостей произвольно выбранных четырех банков, характеризующихся слабоструктурированными данными о своих финансовых показателях.

Приведенные в статье модели не претендуют на адекватность, так как их основные параметры – параметры гауссовских функций принадлежности нечетких множеств и набор импликативных правил, не были оптимизированы. Однако чисто произвольными их также нельзя назвать, так как сами правила конструировались на основе принципа непротиворечивости и разумности. С другой стороны, авторы не ставили перед собой задачу получить абсолютные оценки. Основная цель – это многокритериальная оценка финансовой деятельности банков и на ее основе ранжирование рассматриваемых альтернатив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрютин М.С. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия / М.С. Абрютин, А.В. Грачев. – М.: «Прспект», 2005. – 255 с.
2. Астахов В.П. Анализ финансовой устойчивости фирмы и процедуры, связанные с банкротством / Астахов В.П. – М.: «ИНФРА», 2004. – 134 с.
3. Ермолович Л.Л. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия / Ермолович Л.Л. – [2-е изд.]. – М.: «ИНФРА», 2006. – 342 с.
4. Ковалев В.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / В.В. Ковалев, О.Н. Волкова. – [2-е изд.]. – М.: «ИНФРА», 2005. – 132 с.
5. Лотобаева Г.Г. Система ключевых показателей устойчивости коммерческого банка / Г.Г. Лотобаева, А.А. Насонова // Банковское дело. – 2006. – № 3. – С. 76 – 79.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Математика. Новое в зарубежной науке / Заде Л.; пер. с англ.; под ред. Н.Н. Моисеева и С.А. Орловского. – М.: «Мир», 1976. – 166 с.
7. Андрейчиков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: «Финансы и статистика», 2000. – 368 с.
8. Рзаев Р.Р. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений / Рзаев Р.Р. – Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2013. – 130 с.

Стаття надійшла до редакції 20.06.2015