

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ

### Введение

В мировой практике для оценки деятельности коммерческого банка (КБ) в настоящее время применяется два основных подхода. В первом определяется рейтинг банка, во втором анализируется система финансовых коэффициентов [1–4]. С одной стороны, для установления степени устойчивости (или надежности) КБ используются разные методики составления банковских рейтингов, наиболее популярна из них система CAMEL [2], удачно сочетающая количественные методы и методы регрессионного и дискриминантного анализа.

С другой стороны, процесс оценивания финансовой устойчивости КБ связан с получением и интерпретацией многочисленной и разнообразной информации, которая на практике часто отражается в виде слабоструктурированных величин, о которых известна лишь их принадлежность к определенному типу. В частности, на начальной стадии процесса принятия решений относительно финансовой устойчивости КБ измеряются отличные один от другого результаты, вызванные случайными погрешностями, возникающими вследствие одновременного воздействия непредвиденных случайных возмущений. В таких случаях определить результат наблюдения с учетом поправки невозможно. Можно лишь с определенной долей уверенности утверждать, что истинное значение измеряемой величины находится в интервале от нижней до верхней границы разброса. При этом неясно, какова вероятность появления того или иного значения погрешности, какое из множества лежащих в этой области значений величины следует принять за результат измерения и какими показателями охарактеризовать случайную погрешность результата. Ответы на эти вопросы дает подход, описанный в [5], где рассмотрены вероятностно-статистические методы аналитической поддержки принятия решений, позволяющие установить закономерности появления случайных погрешностей и на их основе получить количественные оценки результата измерения и его случайной погрешности.

Другим эффективным инструментом информационно-аналитической поддержки принятия организационно-управленческих решений является методология байесовских интеллектуальных технологий (или байесовских сетей), которую в настоящее время активно применяют для аудита различных предприятий [6].

Однако умение анализировать социально значимые процессы и явления в условиях неопределенности, одним из факторов которой является слабая структурированность доступной информации, определяющее в проблематике описания организационно-правового поведения, где возможность преодоления неопределенности все чаще рассматривают применительно к нечеткой логике и математическому аппарату теории нечетких множеств. В частности, механизм нечеткого логического вывода позволяет относительно объективно отражать причинно-следственные связи между слабоструктурированными характеристиками. Он больше применим к процессу принятия решений, «пластично» учитывает психолого-профессиональные особенности лиц, ответственных за принятие решений и реципиентов информации.

## 1. Постановка задачи

Для выявления необходимых знаний и построения систем предпочтений в процессе мониторинга финансовой устойчивости банков от Центрального банка требуются огромные временные ресурсы и переработка терабайтных объемов информации. Поэтому, с точки зрения мониторинга финансовых показателей КБ, текущих оценок их финансовых устойчивостей, существует необходимость автоматизации процессов регулирования с помощью информационных систем поддержки принятия управленческих решений, способных, во-первых, обеспечить конфиденциальность информации и, во-вторых, упорядочить сбор, хранение и коррекцию экспертной информации при необходимости повторной оценки и принятия решения.

## 2. Функции и структура системы комплексной оценки финансовой устойчивости КБ

Автоматизированная информационная система комплексной оценки финансовой устойчивости КБ (АИС КОФУБ) предназначена для сбора данных в рамках мониторинга показателей финансовой устойчивости банков. Мониторинг финансовой устойчивости коммерческих банков представляет собой периодический процесс сбора информации для принятия оперативных управленческих решений в сфере поддержания устойчивости всей банковской системы и защиты интересов населения и кредиторов. Результаты мониторинга используются не только для текущей оценки, но и для формирования прогноза финансовой устойчивости банков на перспективу, что позволяет определить, насколько эффективно осуществляется управление коммерческими банками, как реализуется ими денежно-кредитная политика, какие при этом происходят изменения и какие издержки сопряжены с указанными процессами. Структура АИС КОФУБ приведена на рис. 1. Система включает три подсистемы: диагностику и принятие решений, прогнозирование и аналитическое планирование и комбинаторно-морфологический синтез.



Рис. 1

В рамках данной системы автоматизируются следующие процедуры аналитического анализа:

- сбор и хранение всеобъемлющей информации о финансовой деятельности КБ на основе их периодической отчетности;
- поиск необходимой информации в БД и БЗ по всевозможным запросам, например, для корреляционного анализа показателей финансовой устойчивости КБ, для изучения причинно-следственных связей между финансовыми показателями и финансовыми коэффициентами и т.д.;
- формирование шкалы для градации финансовой устойчивости КБ и формализация требований и критериев оценки их финансовой устойчивости;
- генерация адекватных вербальных моделей для оценки финансовой устойчивости КБ;
- комплексная многокритериальная оценка альтернативных КБ и их ранжирование на текущий момент времени;
- прогнозирование финансовых показателей альтернативных КБ и на основе их прогнозных данных определение многокритериальной оценки и ранжирования КБ на перспективу.

### 3. Показатели устойчивости банка и коэффициенты их оценки

Оценка финансовой устойчивости коммерческого банка — многокритериальная процедура, которая предполагает комплексное использование показателей, характеризующих достаточность капитала (ДК), ликвидность (Л), качество пассивов (КП), качество активов (КА), прибыльность (П) и эффективность (Э). На практике для оценки каждого показателя применяется достаточно большое количество коэффициентов, поэтому возникает задача выбора именно тех, которые наиболее существенно влияют на финансовую устойчивость коммерческого банка. Основное требование, предъявляемое к коэффициентам финансовой устойчивости коммерческих банков, — их сочетаемость, взаимная сопоставимость по размерности и направленности. Поэтому в [7] компилирован следующий перечень наиболее часто используемых финансовых коэффициентов устойчивости (табл. 1), где наряду с соответствующими расчетными формулами приведены рекомендуемые нормативные значения.

Таблица 1

Показатель	Коэффициент устойчивости	Расчетная формула ( $\times 100\%$ ) <sup>*</sup>	Нормативное значение (%)
ДК	Коэффициент достаточности капитала	$F_1 = K/ABYP$	10 ( $K \geq 5$ млн евро) 11 ( $K < 5$ млн евро)
	Коэффициент достаточности капитала 1-го уровня	$F_2 = K1/ABYP$	6,0 (4,0 <sup>**</sup> )
КП	Коэффициент клиентской базы	$F_3 = (BГ + CЮЛ)/ООПС$	80
	Коэффициент стабильности ресурсной базы	$F_4 = (CO + OДВ)/CO$	70
	Коэффициент зависимости от привлеченных МБК	$F_5 = ПМБК/ООПС$	Не больше 15
КА	Коэффициент эффективности использования активов	$F_6 = АПД/СА$	85
	Коэффициент агрессивности кредитной политики	$F_7 = CЗ/ПРБ$	60–70
	Коэффициент качества ссудной политики	$F_8 = (CЗ - PРВПС)/CЗ$	96–99
	Доля просроченных ссуд	$F_9 = CЗП/CCЗ$	Не больше 4
Л	Концентрация кредитных рисков на акционеров (участников)	$F_{10} = CCKТОКУ/К$	Не больше 35
	Коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлеченных средств	$F_{11} = BA/ΠC$	3,0
	Норматив мгновенной ликвидности	$F_{12} = BA/OДB$	15
	Норматив текущей ликвидности	$F_{13} = ЛA/OДBС$	50
	Коэффициент структуры привлеченных средств	$F_{14} = OДB/ΠC$	Не больше 50

П	Коэффициент рентабельности активов	$F_{15} = \Pi/CA$	Не меньше 1,5
	Коэффициент рентабельности капитала	$F_{16} = \Pi/K$	Не меньше 8
	Чистая процентная маржа	$F_{17} = \text{ЧПД}/\text{САППД}$	Не меньше 5
	Структура расходов	$F_{18} = \text{АУР}/\text{ЧОД}$	Не больше 85
Э	Соотношение операционных расходов и доходов	$F_{19} = \text{ОР}/\text{ОД}$	50–70
	Соотношение операционных расходов и активов	$F_{20} = \text{ОР}/\text{СА}$	Ставка рефинансирования не ниже $\pm 3\%$

Примечание:

\* ) К — капитал; К1 — капитал 1-го уровня; АУР — активы, взвешенные с учетом риска; ВГ — вклады граждан; СЮЛ — средства юридических лиц; ООПС — общий объем привлеченных средств; СО — суммарные обязательства; ОДВ — обязательства до востребования; ОДВС — обязательства до востребования на срок до 30 дней; ПМБК — привлеченные межбанковские кредиты; АПД — активы, приносящие доход; СА — суммарные активы; СЗ — суммарная задолженность; ПРБ — привлеченные ресурсы банка; РРВПС — расчетный резерв на возможные потери по ссудам; СЗП — ссудная задолженность просроченная; ССЗ — суммарная ссудная задолженность; ССКТОКУ — совокупная сумма кредитных требований в отношении крупных участников (акционеров); ВА — высоколиквидные активы; ПС — привлеченные средства; ЛА — ликвидные активы; П — прибыль; ЧПД — чистые процентные доходы; САППД — суммарные активы, приносящие процентные доходы; АУР — административно-управленческие расходы; ЧОД — чистые операционные доходы; ОР — операционные расходы; ОД — операционные доходы.

\*\* ) Рекомендация Базельского комитета

#### 4. Построение шкалы для градации финансовой устойчивости КБ

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

$e_1$ : «Если эффективность КБ высокая, уровень его прибыльности достаточный, а ликвидность является предпочтительной, то его финансовая устойчивость приемлемая (т.е. отвечает минимальным требованиям)»;

$e_2$ : «Если к тому же объем капитала КБ достаточен, т.е. финансовая устойчивость банка более чем приемлемая»;

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

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

$e_5$ : «Если эффективность КБ высокая, уровень его прибыльности достаточный, уровень ликвидности является предпочтительным, объем капитала достаточен, но при этом качество его активов и пассивов невысоко, то финансовая устойчивость КБ все же приемлемая»;

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

Анализ приведенных высказываний позволяет выявить по отношению к предлагаемой причинно-следственной модели шесть критериев (входных характеристик), используемых для оценки финансовой устойчивости КБ:  $X_1$  — эффективность;  $X_2$  — прибыльность;  $X_3$  — ликвидность;  $X_4$  — объем 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 нечетких множеств, переформулируем приведенные высказывания в виде следующих 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  $Y$  = абсолютно 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  $X_3$  = неpreferable, то  $Y$  = неприемлемая».

Переменную  $Y$  зададим на множестве  $J = \{0; 0,1; \dots; 1\}$ . Тогда  $\forall j \in J$  используемые в правилах ее значения опишем с помощью нечетких множеств [8, 9]:  $S$  = приемлемая,  $\mu_S(j) = j$ ;  $MS$  = более чем приемлемая:  $\mu_{MS}(j) = \sqrt{j}$ ;

$P$  = безупречная,  $\mu_P(j) = \begin{cases} 1, & j = 1; \\ 0, & j < 1; \end{cases}$   $VS$  = очень приемлемая,  $\mu_{VS}(j) = j^2$ ;  $US$  = неприемлемая,  $\mu_{US}(j) = 1 - j$ .

Фаззификацию термов в левых частях правил осуществим с помощью гауссовой функции принадлежности:  $\mu_X(u) = \exp\{- (u - 100)^2 / \sigma_k^2\}$  ( $k = 1 \div 5$ ), восстанавливающей нечеткие множества по опорному вектору  $(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$  (рис. 2), причем значения для  $\sigma_k$  подбираются исходя из степени важности финансового показателя.

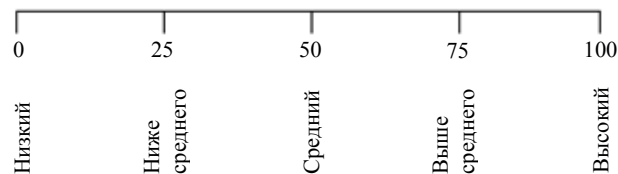


Рис. 2

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

- высокая (эффективность банка):

$$A = \frac{0,00001}{u_1} + \frac{0,00193}{u_2} + \frac{0,06218}{u_3} + \frac{0,36788}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

- достаточная (прибыльность):

$$B = \frac{0,00028}{u_1} + \frac{0,01013}{u_2} + \frac{0,12992}{u_3} + \frac{0,60037}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

- предпочтительная (ликвидность):

$$C = \frac{0,00193}{u_1} + \frac{0,02973}{u_2} + \frac{0,20961}{u_3} + \frac{0,67663}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

- достаточный (объем 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):

$$E = \frac{0,11832}{u_1} + \frac{0,1054}{u_2} + \frac{0,36778}{u_3} + \frac{0,7788}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

- удовлетворительное (качество активов):

$$F = \frac{0,03667}{u_1} + \frac{0,15575}{u_2} + \frac{0,4376}{u_3} + \frac{0,81334}{u_4} + \frac{1}{u_5}.$$

С учетом этих множеств сформулируем нечеткие правила:

$e_1$ : «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  $Y = S$ »;

$e_6$ : «Если  $X_1 = \neg A$  и  $X_3 = \neg C$ , то  $Y = US$ ».

Осуществив операцию пересечения нечетких множеств в левых частях правил, которая в дискретном случае определяется нахождением минимума соответствующих значений функций принадлежности, т.е.  $\mu_{A_i}(v) = \min_{v \in V} (\mu_{A_{i1}}(u_1), \mu_{A_{i2}}(u_2), \dots$

$\dots, \mu_{A_{ip}}(u_p))$ , получим запись самих правил 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  $Y = US$ »,

где:

$$M_1 = \frac{0,00001}{u_1} + \frac{0,0019}{u_2} + \frac{0,0622}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$M_2 = \frac{0,00001}{u_1} + \frac{0,0019}{u_2} + \frac{0,0622}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$M_3 = \frac{0,00001}{u_1} + \frac{0,0019}{u_2} + \frac{0,0622}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$M_4 = \frac{0,00001}{u_1} + \frac{0,0019}{u_2} + \frac{0,0622}{u_3} + \frac{0,3679}{u_4} + \frac{1}{u_5};$$

$$M_5 = \frac{0,00001}{u_1} + \frac{0,0019}{u_2} + \frac{0,0622}{u_3} + \frac{0,18666}{u_4} + \frac{0}{u_5};$$

$$M_6 = \frac{0,9981}{u_1} + \frac{0,9703}{u_2} + \frac{0,7904}{u_3} + \frac{0,3234}{u_4} + \frac{0}{u_5}.$$

Для преобразования этих правил воспользуемся импликацией Лукасевича:  $\mu_H(u, j) = \min\{1, 1 - \mu_A(u) + \mu_B(j)\}$  [10]. Тогда для каждой пары  $(u, j) \in$

$\in U \times Y$  на  $U \times Y$  получим следующие нечеткие отношения  $R_i$  ( $i = 1 \div 6$ ), в результате их пересечения имеем следующее общее функциональное решение:

$$R = \begin{bmatrix} 1,0000 & 0,9019 & 0,8019 & 0,7019 & 0,6019 & 0,5019 & 0,4019 & 0,3019 & 0,2019 & 0,1019 & 0,0019 \\ 0,9981 & 0,9297 & 0,8297 & 0,7297 & 0,6297 & 0,5297 & 0,4297 & 0,3297 & 0,2297 & 0,1297 & 0,0297 \\ 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9096 & 0,8096 & 0,7096 & 0,6096 & 0,5096 & 0,4096 & 0,3096 & 0,2096 \\ 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6321 & 0,6766 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \end{bmatrix}.$$

Для нахождения численных оценок заявленных признаков (классификаторов)  $u_k$  ( $k = 1 \div 5$ ) применим правило композиционного вывода в нечеткой среде:  $E_k = G_k \circ R$ , где  $E_k$  — нечеткая интерпретация признака,  $G_k$  — отображение  $k$ -го признака в виде нечеткого подмножества на  $U$ . Тогда согласно [10] имеем  $\mu_{E_k}(j) = \max_u \{ \min \{ \mu_{G_k}(u), \mu_R(u) \} \}$ , где  $\mu_{G_k}(u) = \begin{cases} 0, & u \neq u_k; \\ 1, & u = u_k. \end{cases}$  Отсюда следует, что  $\mu_{E_k}(j) = \mu_R(u_k, j)$ , т.е.  $E_k$  —  $k$ -я строка матрицы  $R$ .

Итак, относительно первого признака  $u_1$  нечетким выводом системы является множество

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

Вычисляя уровневые множества  $E_{1\alpha}$  и соответствующие им мощности  $M(E_{1\alpha})$

по формуле [10]  $M(C_\alpha) = \sum_{k=1}^n \frac{i_k}{n}$ ,  $i \in C_\alpha$ , получаем:

- для  $0 < \alpha < 0,0019$ :  $\Delta\alpha = 0,0019$ ;  $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$ ,  $M(E_{1\alpha}) = 0,5$ ;
- 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  $0,1019 < \alpha < 0,2019$ :  $\Delta\alpha = 0,1$ ;  $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8\}$ ,  $M(E_{1\alpha}) = 0,40$ ;
- 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  $0,3019 < \alpha < 0,4019$ :  $\Delta\alpha = 0,1$ ;  $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6\}$ ,  $M(E_{1\alpha}) = 0,30$ ;
- 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  $0,9019 < \alpha < 1$ :  $\Delta\alpha = 0,0981$ ;  $E_{1\alpha} = \{0\}$ ,  $M(E_{1\alpha}) = 0,00$ .

Далее, применяя формулу  $F(C) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha) d\alpha$ , где  $\alpha_{\max}$  — максималь-

ное значение на  $C$ , находим численную оценку, удовлетворяющую 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 и по остальным признакам: по  $u_2$  —  $F(E_2) = 0,2403$ ; по  $u_3$  —  $F(E_3) = 0,3387$ ; по  $u_4$  —  $F(E_4) = 0,5339$ ; по  $u_5$  —  $F(E_5) = 1$ . На рис. 3 показана итоговая шкала для оценки финансовой устойчивости КБ в принятых допущениях.

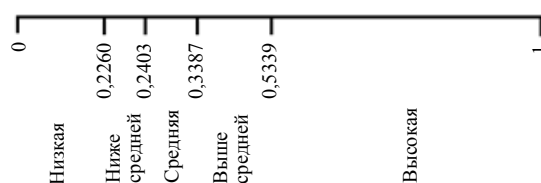


Рис. 3

### 5. Оценка текущей финансовой устойчивости КБ методом нечеткого вывода

Предположим, что необходимо оценить финансовые устойчивости альтернативных КБ, которые обозначим соответственно  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  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 КБ на текущую дату (табл. 3).

Таблица 2

№	Финансовый показатель	Значение финансового показателя (y/e)			
		$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
1	К	113940000	99127800	14242500000	165213000
2	К1	93613000	45400790	117016250	126377550
3	АВУР	860780000	740270800	1375975000	1355728 500
4	ВГ	399393000	355459770	499241250	535186620
5	СЮЛ	175509000	159713190	212716908	273794040
6	ООПС	963494000	741890380	1011668700	1406701240
7	СО	989930000	910735600	1138419500	1455197100
8	ОДВ	346870000	232402900	468274500	527242400
9	ПМБК	152600000	122080000	164045000	193478000
10	АПД	850480000	697393600	1032482720	1309739200
11	СА	1103870000	872057300	1181140900	1633727600
12	СЗ	297870000	256168200	393188400	425954100
13	РРВПС	16500600	13530492	18975690	26235954
14	ПРБ	450870000	401274300	595148400	661426290
15	СЗП	15600000	12260000	17940000	21684000
16	ССЗ	350600000	308528000	376895000	494346000
17	ССКТОКУ	45890000	40199640	51167350	65163800
18	ВА	45670000	29093520	52748850	69190050
19	ПС	798700000	646148300	1022336000	1218017500
20	ЛА	90680000	77159612	114710200	139193800
21	ОДВС	190600000	167251500	238250000	279229000
22	П	11557000	9765665	15081885	17520412
23	ЧПД	19518000	17566200	23714370	29803986
24	САППД	380600000	336831000	409145000	588027000
25	АУР	14780000	11750100	16997000	19879100
26	ЧОД	18501000	16003365	19703565	26252919
27	ОР	52600000	44973000	55493000	78111000
28	ОД	68580000	51915060	73723500	102732840



Таблица 3

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	$\leq 15$
$F_6$	77,0453	79,9711	87,4140	80,1688	85
$F_7$	66,0656	63,8387	66,0656	64,3993	$60 \div 70$
$F_8$	94,4605	94,7181	95,1739	93,8407	$96 \div 99$
$F_9$	4,4495	3,9737	4,7599	4,3864	$\leq 4$
$F_{10}$	40,2756	40,5533	35,9258	39,4423	$\leq 35$
$F_{11}$	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	$\leq 50$
$F_{15}$	1,0470	1,1198	1,2769	1,0724	$\geq 1,5$
$F_{16}$	10,1431	9,8516	10,5894	10,6047	$\geq 8$
$F_{17}$	5,1282	5,2151	5,7961	5,0685	$\geq 5$
$F_{18}$	79,8876	73,4227	86,2636	75,7215	$\leq 85$
$F_{19}$	76,6987	86,6280	75,2718	76,0331	$50 \div 70$
$F_{20}$	4,7651	5,1571	4,6983	4,7812	$\geq 4,75$

Установив обоснованную шкалу для оценки финансовой устойчивости КБ и рассчитав критерии качества, получим численные оценки рассматриваемых альтернативных КБ относительно их финансовой устойчивости, руководствуясь следующими непротиворечивыми рассуждениями:

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

$e_2$ : «К тому же, если коэффициенты достаточности капитала и капитала первого уровня в пределах нормы, то финансовая устойчивость КБ 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 больше 15 %, коэффициенты эффективности использования активов, качества ссудной политики и агрессивности кредитной политики в пределах нормы, доля просроченных ссуд не больше 4 %, а концентрация кредитных рисков на акционеров не больше 35 %, то финансовая устойчивость КБ безупречная (т.е. полностью отвечает всем предъявляемым требованиям);»

$e_4$ : «Если для КБ имеют место все условия, оговоренные в  $e_3$ , кроме надлежащих показателей достаточности капитала, то его финансовая устойчивость абсолютно приемлемая;»

$e_5$ : «Если соотношение операционных расходов и активов не ниже ставки рефинансирования, соотношение операционных расходов и доходов в пределах нормы, структура расходов не больше 85 %, чистая процентная маржа не меньше 5 %, коэффициент рентабельности капитала не меньше 8 %, коэффициент рентабельности активов не меньше 1,5 %, коэффициент структуры привлеченных средств не больше 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 больше 15 %, коэффициенты эффективности использования активов, качества ссудной политики и агрессивности кредитной политики не в пределах нормы, доля просроченных ссуд составляет больше 4 %, а концентрация кредитных рисков на акционеров больше 35 %, то финансовая устойчивость КБ все же 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 больше 50 %, нормативы текущей и мгновенной ликвидностей, коэффициент соотношения высоколиквидных активов и привлеченных средств не в пределах нормы, то финансовая устойчивость КБ неприемлемая».

Анализ данных рассуждений позволяет выявить 20 критериев, используемых в качестве значений лингвистических переменных  $F_k$  ( $k = 1 \div 20$ ) для многокритериальной оценки финансовой устойчивости альтернативных КБ. 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 больше 85 и  $F_{17}$  = не меньше 5 и  $F_{16}$  = не меньше 8 и  $F_{15}$  = не меньше 1,5 и  $F_{14}$  = не больше 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 больше 85 и  $F_{17}$  = не меньше 5 и  $F_{16}$  = не меньше 8 и  $F_{15}$  = не меньше 1,5 и  $F_{14}$  = не больше 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  $Y$  = больше чем приемлемая»;

$e_3$ : «Если  $F_{20}$  = не ниже 4,75 и  $F_{19}$  = в пределах нормы и  $F_{18}$  = не больше 85 и  $F_{17}$  = не меньше 5 и  $F_{16}$  = не меньше 8 и  $F_{15}$  = не меньше 1,5 и  $F_{14}$  = не больше 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 больше 15 и  $F_6$  = в пределах нормы и  $F_7$  = в пределах нормы и  $F_8$  = в пределах нормы и  $F_9$  = не больше 4 и  $F_{10}$  = не больше 35, то  $Y$  = безупречная»;

$e_4$ : «Если  $F_{20}$  = не ниже 4,75 и  $F_{19}$  = в пределах нормы и  $F_{18}$  = не больше 85 и  $F_{17}$  = не меньше 5 и  $F_{16}$  = не меньше 8 и  $F_{15}$  = не меньше 1,5 и  $F_{14}$  = не больше 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 больше 15 и  $F_6$  = в пределах нормы и  $F_7$  = в пределах нормы и  $F_8$  = в пределах нормы и  $F_9$  = не больше 4 и  $F_{10}$  = не больше 35, то  $Y$  = очень приемлемая»;

$e_5$ : «Если  $F_{20}$  = не ниже 4,75 и  $F_{19}$  = в пределах нормы и  $F_{18}$  = не больше 85 и  $F_{17}$  = не меньше 5 и  $F_{16}$  = не меньше 8 и  $F_{15}$  = не меньше 1,5 и  $F_{14}$  = не больше 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  $F_5$  = больше 15 и  $F_6$  = не в пределах нормы и  $F_7$  = не в пределах нормы и  $F_8$  = не в пределах нормы и  $F_9$  = больше 4 и  $F_{10}$  = больше 35, то  $Y$  = приемлемая»;

$e_6$ : «Если  $F_{20}$  = ниже 4,75 и  $F_{19}$  = не в пределах нормы и  $F_{14}$  = больше 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 нечеткие множества, выберем рассмотренные в разд. 4 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 гауссовы функции в качестве функций принадлежности, которые устанавливают степень отношения каждой из альтернатив к заданному нечеткому множеству, как к значению соответствующей переменной  $F_k$  ( $k = 1 \div 20$ ), имеем:

- в пределах нормы ( $F_1$ ):  $A_1 = \frac{0,9005}{a_1} + \frac{0,8914}{a_2} + \frac{0,9988}{a_3} + \frac{0,9533}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_2$ ):  $A_2 = \frac{0,7884}{a_1} + \frac{0,9998}{a_2} + \frac{0,9392}{a_3} + \frac{0,8955}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_3$ ):  $A_3 = \frac{0,0160}{a_1} + \frac{0,3279}{a_2} + \frac{0,3559}{a_3} + \frac{0,0064}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_4$ ):  $A_4 = \frac{0,7757}{a_1} + \frac{0,8180}{a_2} + \frac{0,2895}{a_3} + \frac{0,6782}{a_4}$ ;
- не больше 15 % ( $F_5$ ):  $A_5 = \frac{0,9930}{a_1} + \frac{0,9790}{a_2} + \frac{0,9853}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_6$ ):  $A_6 = \frac{0,5311}{a_1} + \frac{0,7765}{a_2} + \frac{0,9434}{a_3} + \frac{0,7918}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_7$ ):  $A_7 = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_8$ ):  $A_8 = \frac{0,9766}{a_1} + \frac{0,9837}{a_2} + \frac{0,9932}{a_3} + \frac{0,9544}{a_4}$ ;
- не больше 4 % ( $F_9$ ):  $A_9 = \frac{0,9980}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{0,9942}{a_3} + \frac{0,9985}{a_4}$ ;
- не больше 35 % ( $F_{10}$ ):  $A_{10} = \frac{0,7571}{a_1} + \frac{0,7346}{a_2} + \frac{0,9915}{a_3} + \frac{0,8209}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_{11}$ ):  $A_{11} = \frac{0,9288}{a_1} + \frac{0,9777}{a_2} + \frac{0,9544}{a_3} + \frac{0,9307}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_{12}$ ):  $A_{12} = \frac{0,9669}{a_1} + \frac{0,9403}{a_2} + \frac{0,8698}{a_3} + \frac{0,9654}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_{13}$ ):  $A_{13} = \frac{0,9429}{a_1} + \frac{0,8612}{a_2} + \frac{0,9662}{a_3} + \frac{0,9998}{a_4}$ ;
- не больше 50 % ( $F_{14}$ ):  $A_{14} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ ;
- не меньше 1,5 % ( $F_{15}$ ):  $A_{15} = \frac{0,9980}{a_1} + \frac{0,9986}{a_2} + \frac{0,9995}{a_3} + \frac{0,9982}{a_4}$ ;
- не меньше 8 % ( $F_{16}$ ):  $A_{16} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ ;

- не меньше 5 % ( $F_{17}$ ):  $A_{17} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ ;
- не больше 85 % ( $F_{18}$ ):  $A_{18} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{0,9842}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ ;
- в пределах нормы ( $F_{19}$ ):  $A_{19} = \frac{0,6384}{a_1} + \frac{0,0630}{a_2} + \frac{0,7574}{a_3} + \frac{0,6949}{a_4}$ ;
- не ниже 4,75 % ( $F_{20}$ ):  $A_{20} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \frac{1}{a_4}$ .

Таким образом, с учетом полученных обозначений правила  $e_j$  ( $j=1\div 6$ ) запишем так:

$e_1$ : «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  $Y = S$ »;

$e_2$ : «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  $Y = MS$ »;

$e_3$ : «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  $Y = P$ »;

$e_4$ : «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  $Y = VS$ »;

$e_5$ : «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  $\neg A_3$  и  $\neg A_4$  и  $\neg A_5$  и  $\neg A_6$  и  $\neg A_7$  и  $\neg A_8$  и  $\neg A_9$  и  $\neg A_{10}$ , то  $Y = S$ »;

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

Далее, как и в предыдущем случае, применяя правило пересечения нечетких множеств, для левых частей полученных правил имеем результирующие нечеткие 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 более компактно:

$e_1$ : «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 их в привычном стиле, получаем следующее общее функциональное решение:

$$R = \begin{bmatrix} 0,3616 & 0,4616 & 0,5616 & 0,6616 & 0,7616 & 0,8616 & 0,9616 & 0,9840 & 0,9840 & 0,9840 & 1,0000 \\ 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 0,9370 & 1,0000 \\ 0,2426 & 0,3426 & 0,4426 & 0,5426 & 0,6426 & 0,7105 & 0,7105 & 0,7105 & 0,7105 & 0,7105 & 1,0000 \\ 0,3051 & 0,4051 & 0,5051 & 0,6051 & 0,7051 & 0,8051 & 0,9051 & 0,9936 & 0,9936 & 0,9936 & 1,0000 \end{bmatrix}.$$

В данном случае нечетким выводом о степени приемлемости финансовой устойчивости  $k$ -го банка ( $a_k$ ,  $k = 1 \div 4$ ) является нечеткое подмножество универсума  $J$  со значениями функции принадлежности, расположенными на  $k$ -й строке матрицы  $R$ . Тогда, применяя описанный в предыдущем разделе метод дефаззификации нечетких выводов, точечные оценки финансовых устойчивостей КБ получим в следующем виде:  $F(E_1) = 0,6209$ ;  $F(E_2) = 0,5315$ ;  $F(E_3) = 0,7117$ ;  $F(E_4) = 0,6392$ . Отсюда следует, что наиболее приемлемой финансовой устойчивостью обладает третий банк ( $a_3$ ), имеющий наибольшее значение точечной оценки; далее по списку:  $a_4$ ,  $a_1$  и  $a_2$ . При этом согласно полученной шкале ранжирования (см. рис. 3), если банки  $a_1$ ,  $a_3$  и  $a_4$  обладают высокой степенью финансовой устойчивости, то  $a_2$  обладает более средней степенью устойчивости.

#### 6. Оценка финансовой устойчивости КБ нечетким методом максиминной свертки

Нечеткий метод максиминной свертки — один из методов многокритериальной оценки альтернатив в нечеткой информационной среде и реализуется в три этапа [9, 10].

**Этап 1.** Построение функций принадлежности для рассмотренных выше критериев качества  $F_k$  ( $k = 1 \div 20$ ) как нечетких термножеств. Как правило, на практике аналитический вид функций принадлежности формируется экспертами, располагающими эвристическими знаниями в банковском секторе экономики. Однако воспользуемся гауссовыми функциями вида (рис. 4)  $\mu(u) = \exp\{-(u - u_0)^2 / \sigma^2\}$ ,  $u \in U$ , где  $u \in U$  — дискретный универсум, определяемый конечной статистической совокупностью смежных данных, а параметры  $u_0$  — центр и  $\sigma^2$  — плотность распределения элементов настраиваются (идентифицируются) на основе имеющихся в наличии статистических данных о финансовых коэффициентах КБ на протяжении определенного времени их отчетностей. Некоторые из этих функций представлены на рис. 4.

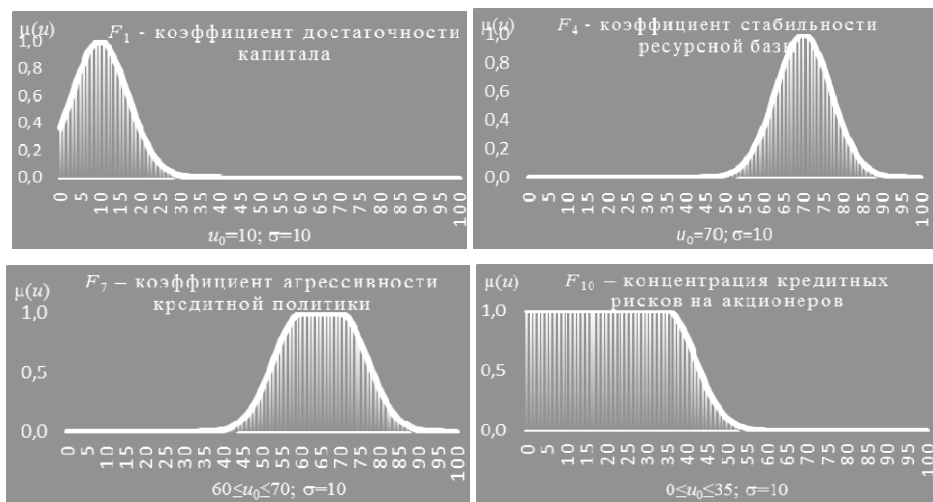
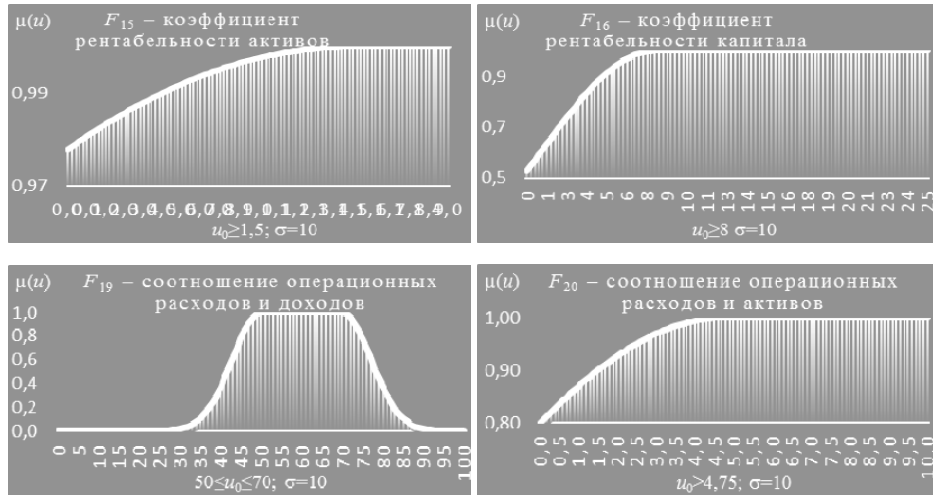


Рис. 4



**Этап 2.** Построение нечетких множеств, описывающих критерии качества \$F\_k\$ (\$k = 1 \div 20\$) посредством соответствующих функций принадлежности. Перечисленные выше функции принадлежности восстанавливают соответствующие нечеткие множества по опорному вектору \$(a\_1, a\_2, a\_3, a\_4)\$. Ниже приведены примеры некоторых таких множеств, функции принадлежности которых представлены на рис. 4, а именно:

- для критерия качества «в пределах нормы» (\$F\_1\$)

$$A_1 = \frac{0,9005}{13,2368} + \frac{0,8914}{13,3907} + \frac{0,9988}{10,3508} + \frac{0,9533}{12,1863};$$

- для критерия качества «в пределах нормы» (\$F\_4\$)

$$A_4 = \frac{0,7757}{64,9601} + \frac{0,8180}{74,4818} + \frac{0,2895}{58,8663} + \frac{0,6782}{63,7683};$$

- для критерия качества «в пределах нормы» (\$F\_7\$)

$$A_7 = \frac{1}{66,0656} + \frac{1}{63,8387} + \frac{1}{66,0656} + \frac{1}{64,399};$$

- для критерия качества «не больше 35 %» (\$F\_{10}\$)

$$A_{10} = \frac{0,7571}{40,2756} + \frac{0,7346}{40,5533} + \frac{0,9915}{35,9258} + \frac{0,8209}{39,4423};$$

- для критерия качества «не меньше 1,5 %» (\$F\_{15}\$)

$$A_{15} = \frac{0,9980}{1,0470} + \frac{0,9986}{1,1198} + \frac{0,9995}{1,2769} + \frac{0,9982}{1,0724};$$

- для критерия качества «не меньше 8 %» (\$F\_{16}\$)

$$A_{16} = \frac{1}{10,1431} + \frac{1}{9,8516} + \frac{1}{10,5894} + \frac{1}{10,6047};$$

- для критерия качества «в пределах нормы» (\$F\_{19}\$)

$$A_{19} = \frac{0,6384}{76,6987} + \frac{0,063}{86,628} + \frac{0,7574}{75,2718} + \frac{0,6949}{76,0331};$$

- для критерия качества «не ниже 4,75 %» ( $F_{20}$ )

$$A_{20} = \frac{1}{4,7651} + \frac{1}{5,1571} + \frac{1}{4,6983} + \frac{1}{4,7812}.$$

Во всех нечетких множествах  $F_k$  ( $k = 1 \div 20$ ) через значения функций принадлежности проявляется отношение финансового коэффициента каждого из перечисленных банков к соответствующему критерию оценки.

**Этап 3.** Свертка полученной информации в целях выявления наилучшей альтернативы. Если критерии оценки имеют одинаковую значимость для ответственного за принятие решений, то искомое множество альтернатив, например  $A$ , определяется пересечением нечетких множеств, содержащих оценки альтернатив по критериям выбора:  $A = A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_{20}$ . В данном случае наилучшей считается та альтернатива (в данном случае это КБ с точки зрения его финансовой устойчивости), которая с максимальной степенью принадлежит нечеткому множеству  $A$ . Операция пересечения нечетких множеств осуществляется согласно правилу  $\mu_A(a_j) = \min_i \mu_{A_i}(a_j)$  [7]. Поэтому в данном случае искомое множество альтернатив формируется в следующем виде:

$$A = [\min \{0,9005; 0,7884; 0,0160; 0,7757; 0,9930; 0,5311; 1; 0,9766; 0,9980; 0,7571; 0,9288; 0,9669; 0,9429; 1; 0,9980; 1; 1; 1; 0,6384; 1\}; \min \{0,8914; 0,9998; 0,3279; 0,8180; 0,9790; 0,7765; 1; 0,7346; 0,9777; 0,9403; 0,8612; 1; 0,9986; 1; 1; 1; 0,0630; 1\}; \min \{0,9988; 0,9392; 0,3959; 0,2895; 0,9853; 0,9434; 1; 0,9932; 0,9932; 0,9942; 0,9915; 0,9544; 0,8698; 0,9662; 1; 0,9995; 1; 1; 0,9842; 0,7574; 1\}; \min \{0,9533; 0,8955; 0,0064; 0,6782; 1; 0,7918; 1; 0,9544; 0,9985; 0,8209; 0,9307; 0,9654; 0,9998; 1; 0,9982; 1; 1; 1; 0,6949; 1\}] = [0,0160; 0,0130; 0,2895; 0,0640].$$

Ранжирование альтернатив осуществляется на основе результирующего вектора приоритетов, который имеет вид  $\max_j \mu_A(a_j) = \max \{0,0160; 0,0130; 0,2895; 0,0640\}$  [9]. Таким образом, лучшим считается КБ  $a_3$ , которому соответствует значение 0,2895. Далее по убыванию:  $a_4$  — 0,0640;  $a_1$  — 0,0160 и  $a_2$  — 0,0130. При этом данный расклад полностью повторяет очередность альтернативных КБ, полученную в предыдущем разделе методом нечеткого логического вывода.

### Заключение

В результате применения механизма нечеткого вывода получена шкала градации уровней финансовых устойчивостей КБ. С ее помощью определены оценки финансовых устойчивостей произвольно выбранных четырех КБ, характеризующихся слабоструктурированными данными об их финансовых показателях. При этом примененные в статье два метода многокритериальной оценки финансовой устойчивости произвольно выбранных четырех КБ дали одинаковые порядки ранжирования.

Вместе с тем следует отметить, что получение точных оценок финансовой устойчивости КБ не является основной задачей данного исследования: структурная и параметрическая оптимизации модели не проводятся. Основная цель — многокритериальная оценка финансовой деятельности банков и соответственно их ранжирование. Хотя нахождение адекватной оценки финансовой устойчивости КБ — достаточно важная задача, но это предмет других исследований. В частности, для ее претворения можно воспользоваться гибридной, нейронечеткой технологией моделирования, описанной в [11], или инструментом MATLAB\Adaptive Neural Fuzzy Inference System.

Тем не менее принятые за основу нечеткие модели оценивания нельзя назвать чисто произвольными, так как применяемые здесь нечеткие правила, отражающие соответствующие причинно-следственные связи, выбирались на основе принципа непротиворечивости и целесообразности.

*Р.Р. Рзаев, С.Т. Бабаева, Т.А. Бабаев*

## АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ

Розглянуто підхід до створення автоматизованої інформаційної системи оцінки фінансової стійкості комерційних банків на основі застосування нечітких методів багатокритеріальної оцінки і ранжування альтернатив. У контексті даного дослідження розроблено методику оцінки фінансових показників комерційних банків на поточний період їх фінансової діяльності. Апробація запропонованої методики проводиться на прикладі фінансових звітностей чотирьох довільно взятих комерційних банків.

*R.R. Rzaev, S.T. Babaeva, T.A. Babaev*

## THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR COMPLEX ASSESSMENT OF THE FINANCIAL STABILITY OF COMMERCIAL BANKS

It is proposed an approach to the creation of the automated information system of financial stability estimation of commercial banks on the basis of fuzzy forecasting methods, multicriteria evaluation and ranking of alternatives. In the context of this study it is developed a method of evaluating financial performance of commercial banks for current period of their financial activities. Testing of the proposed method is carried out on the example of the financial statements of four arbitrary commercial banks.

1. *Абрютина М.С., Грачев А.В.* Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. — М. : Проспект, 2005. — 255 с.
2. *Астахов В.П.* Анализ финансовой устойчивости фирмы и процедуры, связанные с банкротством. — М. : ИНФРА, 2004. — 134 с.
3. *Ермолович Л.Л.* Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. — 2-е изд. — М. : ИНФРА, 2006. — 342 с.
4. *Ковалев В.В., Волкова О.Н.* Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — 2-е изд., — М. : ИНФРА, 2005. — 132 с.
5. *Довгий С.А., Бидюк П.И., Трофимчук А.Н.* Системы поддержки принятия решений на основе статистических и вероятностных методов. — Киев : Логос, 2014. — 418 с.
6. *Згуровский М.З., Бидюк П.И., Терентьев А.Н., Просьякина-Жарова Т.И.* Байесовские сети в системах поддержки принятия решений. — Киев : Эдельвейс, 2015. — 300 с.
7. *Лотобаева Г.Г., Насонова А.А.* Система ключевых показателей устойчивости коммерческого банка // Банковское дело. — 2006. — № 3. — С. 76–79.
8. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Математика. Новое в зарубежной науке. — М. : Мир, 1976. — 166 с.
9. *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Анализ, синтез, планирование решений в экономике. — М. : Финансы и статистика, 2000. — 368 с.
10. *Рзаев Р.Р.* Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений. — Verlag : LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2013. — 130 с.
11. *Lin C.T., George Lee C.S.* Supervised and unsupervised learning with fuzzy similarity for neural network-based fuzzy logic control systems // Fuzzy sets, Neural Networks, and Soft Computing. — New York : Van Nostrand Reinhold, 1994. — P. 85–125.

*Получено 14.09.2016  
После доработки 10.01.2017*