

УДК 338.3

## ОЦЕНКА КРИЗИСОУСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ СО СЛАБОЙ ДИНАМИКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

© 2019 Е.С. Хнырева

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 10.10.2019

В работе исследована деятельность предприятия со слабой динамикой в кризисный период. Обоснована высокая уязвимость таких предприятий из-за особенностей производственного процесса и указана необходимость оценки их кризисоустойчивости. В работе предложено использование вероятности успешного преодоления кризиса как количественной оценки кризисоустойчивости предприятия со слабой динамикой. Эта оценка осуществляется на основе применения классической экспертной системы. База знаний этой экспертной системы представляет собой набор предикатных правил, содержащих информацию о кризисе 2008–10 гг. В работе используются предикатные правила, которые состоят из двух предпосылок и одного вывода. Первая предпосылка связана с интегральным показателем нединамичности предприятия, являющимся количественной оценкой степени его нединамичности и отражающим все основные аспекты его производственной и экономической деятельности. Вторая предпосылка определяет численность сотрудников предприятия. Вся база знаний трансформируется в нечеткую лингвистическую переменную, соответствующую состояниям переменных входа. Предполагается, что каждая из переменных входа может принимать три различных значения. Таким образом, любое количество предикатных правил будет эквивалентно девяти «усредненным» правилам. В качестве решателя экспертной системы использован широко известный алгоритм Мамдани, позволяющий определить степень истинности каждой предпосылки каждого правила, уровень отсечения каждого правила и применить уровни отсечения к функциям принадлежности переменной выхода, получив с помощью операции суммирования интегральную функцию принадлежности переменной выхода. Эта функция будет соответствовать заданным значениям переменных входа. Далее осуществлен переход к четкости на основе интегральной функции принадлежности переменной выхода. При приведении к четкости применялся центроидный метод. Полученные в работе результаты могут быть использованы для прогноза кризисоустойчивости предприятий со слабой динамикой с целью выработки стратегии её повышения. *Ключевые слова:* Предприятие со слабой динамикой, кризисоустойчивость, интегральный показатель нединамичности, экспертная система, алгоритм Мамдани.

### ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований кризисной динамики развития предприятий в настоящее время существенно возрастает. Помимо закономерных, объективно неизбежных и периодически повторяющихся экономических кризисов [1–4], в мировую практику входят искусственные кризисы, вызванные различного рода санкциями [5, 6] и экономическими войнами [7, 8]. Как показывает опыт преодоления кризиса различными предприятиями, предприятия со слабой динамикой являются более уязвимыми благодаря особенностям организации производственной деятельности и самого производственного процесса [9, 10]. Это диктует необходимость поиска, помимо традиционных и достаточно хорошо изученных способов противостояния кризисной динамики (например, повышение качества менеджмента или прямая дотационная поддержка *Хнырева Екатерина Сергеевна, аспирант кафедры высшей математики. E-mail: khnyryova@gmail.com*

ка), других способов. При этом глубже вникая и исследуя те особенности производства, из-за которых проявляется его нединамичность.

Снижение нединамичности как отдельных производств, так и предприятия в целом не только можно рассматривать как способ снижения влияния кризисной динамики на развитие предприятия, но и открыть широкие возможности для технического и технологического переснащения предприятия.

Адекватное ранжирование предприятий по их нединамичности позволит более корректно и обоснованно разработать стратегии их антикризисной поддержки на федеральном, региональном уровнях, а также уровне предприятия. При этом существенно повысится эффективность этой поддержки за счёт учёта количественной оценки текущей степени нединамичности предприятия и имеющихся у него резервов по её снижению.

Таким образом, оценка кризисоустойчивости предприятий со слабой динамикой является важной, актуальной и своевременной задачей,

решение которой позволит грамотно и обоснованно применять экономические инструменты поддержки предприятия, максимально используя его собственные возможности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования влияния распределения прямых дотаций на эффективность антикризисной поддержки показали наличие ярко выраженной стохастической зависимости между данными факторами [9-13]. Поэтому для решения поставленной в работе задачи оценки кризисоустойчивости можно предложить два различных подхода.

Первый из них заключается в построении стохастической зависимости между кризисоустойчивостью предприятия и степенью его нединамичности. Второй определяет формирование вместо простого ранжированного по степени нединамичности списка предприятий нечёткой лингвистической переменной для последующего анализа нечёткого отношения между кризисоустойчивостью предприятия и степенью его нединамичности.

Второй подход, по мнению автора, позволит исключить при построении нечёткой модели явное рассмотрение следующих факторов.

- *Стохастичность самой задачи.*

На кризисоустойчивость предприятия, скорее всего, будут в значительной степени влиять текущее состояние производственных процессов на момент наступления кризиса, объём заключённых договоров на отгрузку продукции на момент наступления кризиса, особенности реального процесса протекания кризиса, своевременность мер поддержки и противодействия кризису, качество менеджмента и т.д. Следовательно, при различных значениях упомянутых факторов, которые и определяют стохастический характер задачи, предприятие может, как успешно преодолеть кризисную динамику, так и обанкротиться в результате кризиса с определённой вероятностью. Использование нечёткой лингвистической переменной позволяет учесть данное обстоятельство: нечёткая переменная может одновременно принадлежать двум противоположным множествам. В рассматриваемой задаче – предприятий, успешно преодолевших кризис и обанкротившихся в кризис.

- *Оценка точности расчёта интегрального показателя нединамичности и прогноза основных параметров кризиса.*

Такая оценка является достаточно громоздкой процедурой, которая включает в себя оценку статистических и методических погрешностей математической формализации показателей, повышающих и снижающих степень нединамичность производства, назначения весов этих показателей в показателе нединамичности про-

изводства и интегральном показателе нединамичности предприятия, вычисления параметров интеллектуального капитала предприятия и прогноза возможных эффектов от факторов, снижающих нединамичность предприятия. Задача оценки точности тоже является стохастической. Использование нечётких множеств позволяет не решать в полной мере данную задачу. Единственным требованием, определяющим точность решения, является корректность базы знаний и степень её корреляции с исходными данными: параметрами исследуемых предприятий и характеристиками моделируемого кризиса.

Сама лингвистическая переменная «Предприятия со слабой динамикой» будет иметь вид, представленный на рисунке 1. База знаний экспертной системы представляет собой блоки предикатных правил с двумя предпосылками и одной переменной выводом. Блоки собраны по каждому прошедшему кризису отдельно (рисунок 2). В качестве переменных входа используется интегральный показатель нединамичности предприятия [14] как количественная оценка степени нединамичности предприятия и численность сотрудников предприятия. Переменной выхода является вероятность успешного преодоления кризиса предприятием как количественная оценка кризисоустойчивости предприятия.

В качестве математической модели в работе предлагается реализация связи переменных входа с переменной выхода в виде нечёткого отношения, анализ которого позволяет сформировать из базы знаний с учётом базы исходных данных переменную выхода, соответствующую тем предприятиям и той кризисной ситуации, которые были формализованы в базе исходных данных.

$$R = (A_1 \times A_2) \rightarrow B, \quad (1)$$

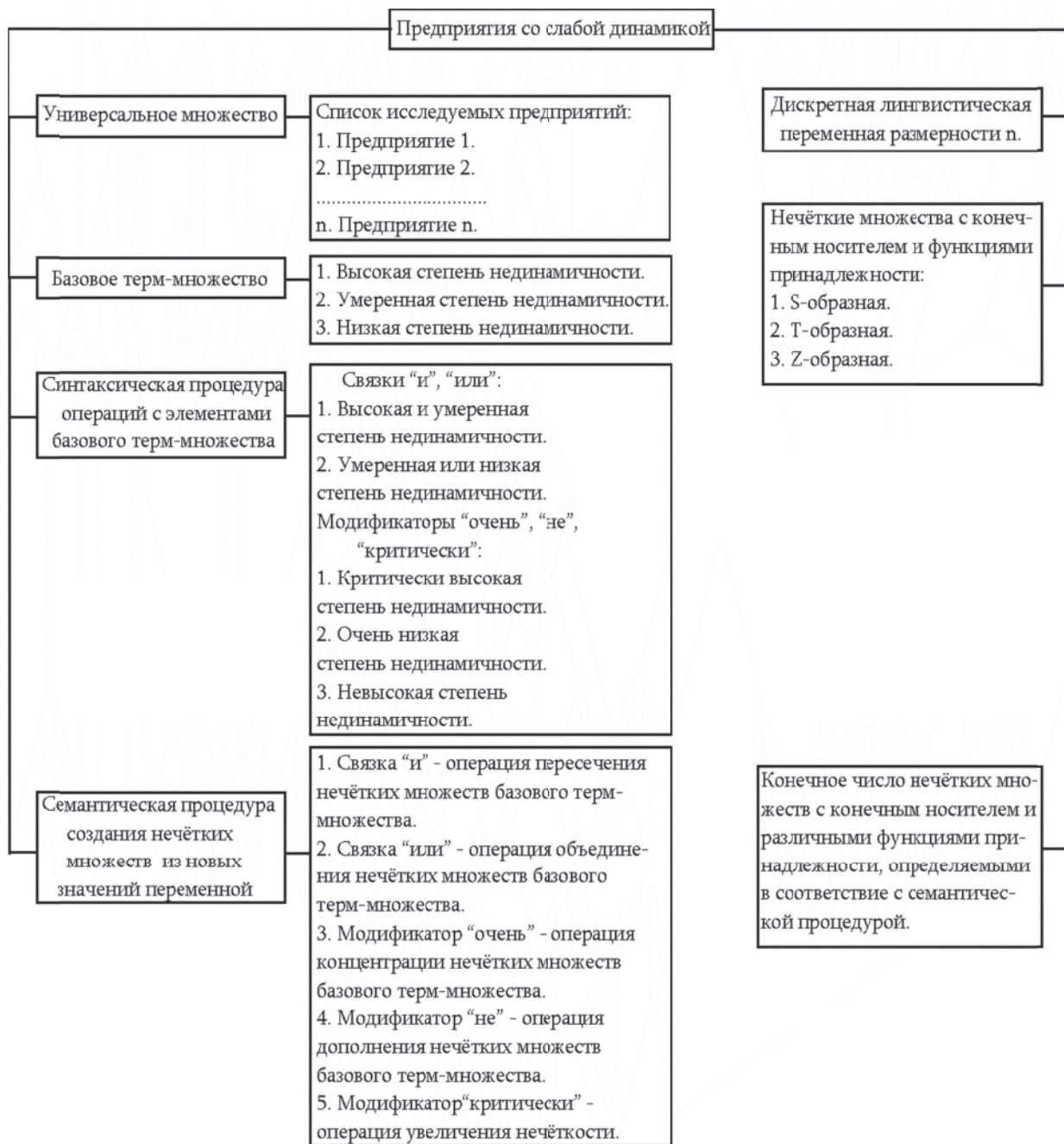
где  $R$  – нечёткое отношение;  $A_1$  и  $A_2$  – множества значений переменных входа;  $\times$  – операция нечёткого прямого произведения универсальных множеств переменных входа;  $\rightarrow$  – нечёткая импликация;  $B$  – множество значений переменной выхода.

В результате анализа нечёткого отношения (1) с помощью математической модели можно сформировать переменную выхода:

$$B^* = (A_1^* \times A_2^*) \circ R = (A_1^* \times A_2^*) \circ ((A_1 \times A_2) \rightarrow B), \quad (2)$$

где  $B^*$  – сформированная переменная выхода;  $A_1^*$  и  $A_2^*$  – значения переменных входа для конкретной моделируемой ситуации;  $\circ$  – операция нечёткой свёртки.

В настоящей работе в качестве алгоритма формирования переменной выхода (2) используется известный и универсальный алгоритм Мамдани [15]. Затем применяется центроидный метод приведения к чёткости для количественной оценки вероятности успешного преодоления кризиса предприятием.



**Рис. 1.** Структура формируемой лингвистической переменной «Предприятия со слабой динамикой»

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Выберем в качестве исходных данных некоторое модельное предприятие со значениями переменных входа:

$$\eta_0^* = 0,7 \pm 0,2; \quad Ч^* = 500 \pm 50, \quad (3)$$

где  $\eta_0^*$  – интегральный показатель нединамичности предприятия [14], а  $\times^*$  – среднегодовая численность сотрудников предприятия.

В качестве базы знаний выберем данные по кризису 2008–10 гг. предприятий Самарской области, участвовавших в мониторинге в рамках городской

антикризисной программы [16]. В общей сложности использованы данные о 38 предприятиях.

Трансформируем базу знаний в лингвистическую переменную (рисунок 3), используя базовые термы (таблица 1).

В качестве функций принадлежности нечётких подмножеств выберем линейные функции принадлежности S, T и Z классов [15] (рисунок 3). Согласно алгоритму Мамдани, применим фактические значения переменных входа (3) к их функциям принадлежности для оценки степени истинности предпосылок предикатных правил, составляющих базу знаний (рисунок 2). Результаты этой операции представлены на рисунке 4.



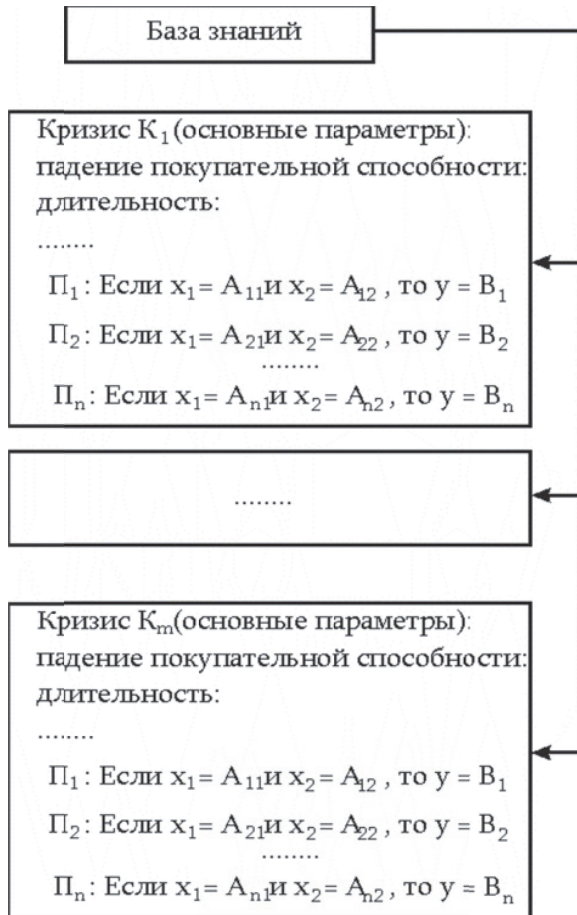


Рис. 2. Блок-схема базы знаний экспертной системы

Для определения чётких значения функций принадлежности переменных входа (3) используем центроидный метод, определив ординату центра тяжести функции принадлежности. На рисунке 4 а) функция принадлежности в диапазоне значений переменной входа образует две фигуры: треугольник (1 на рисунке 4 а)), ордината центра тяжести которого равна  $\frac{1}{3} \cdot 1 = \frac{1}{3}$ , и прямоугольник нулевой высоты (2 на рисунке 4 а)), ордината центра тяжести которого равна нулю. Тогда имеем:

$$\alpha_{11}^* = \alpha_{21}^* = \alpha_{31}^* = \mu_{11}^*(\eta_0) = \frac{\frac{1}{3} + 0}{2} \approx 0,167.$$

где  $\alpha_{ij}^*$  – степень истинности  $j$ -й предпосылки  $i$ -го правила;  $\mu_{11}^*(\eta_0)$  – значение функции принадлежности, полученное центроидным методом.

Аналогично для рисунков 4 б)–е):

$$\alpha_{12}^* = \alpha_{42}^* = \alpha_{72}^* = \mu_{12}^*(\zeta) = 0,$$

$$\alpha_{41}^* = \alpha_{51}^* = \alpha_{61}^* = \mu_{21}^*(\eta_0) = \frac{1 + \frac{1}{3}}{2} \approx 0,667,$$

$$\alpha_{22}^* = \alpha_{52}^* = \alpha_{82}^* = \mu_{22}^*(\zeta) = \frac{1 + \frac{1}{3}}{2} \approx 0,667,$$

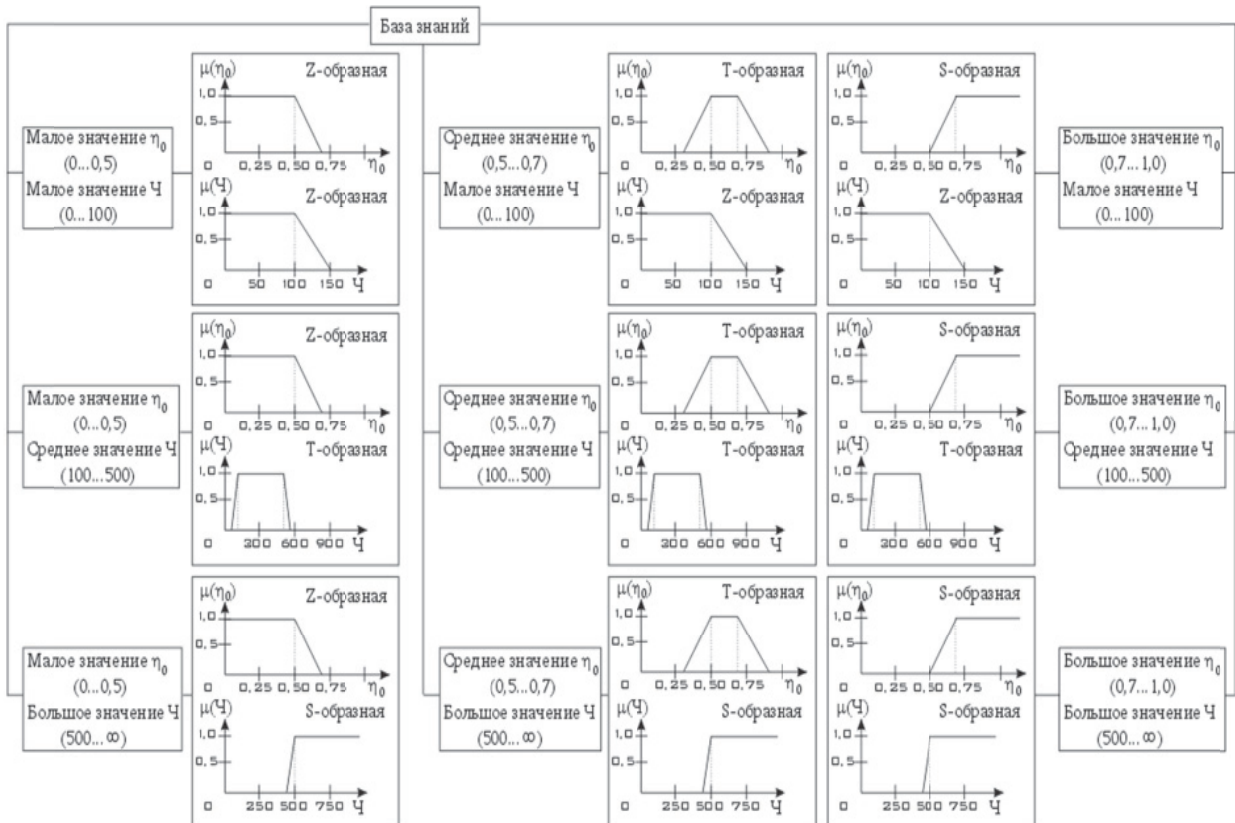


Рис. 3. Трансформация базы знаний в лингвистическую переменную

Таблица 1. Базовые термы переменных входа

Параметр	Малое значение	Среднее значение	Большое значение
$\eta_0$	0 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 1
$\Psi$	0 – 100	100 – 500	Свыше 500

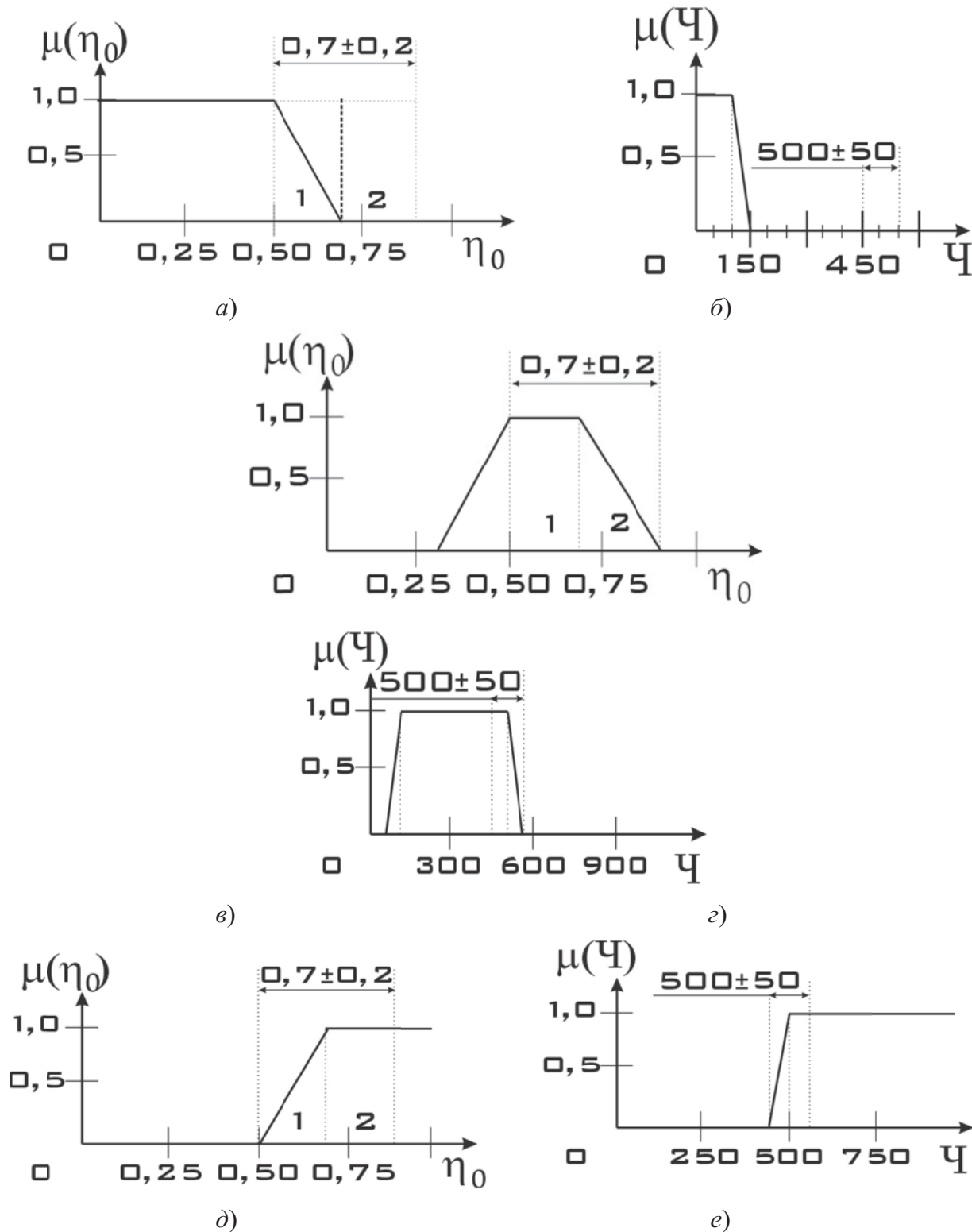


Рис. 4. Определение уровней отсечения предпосылок предикатных правил как степень соответствия фактических значений переменных входа значениям лингвистической переменной:  
 а) малое значение  $\eta_0$  ; б) малое значение  $\Psi$  ; в) среднее значение  $\eta_0$  ;  
 г) среднее значение  $\Psi$  ; д) большое значение  $\eta_0$  ; е) большое значение  $\Psi$

$$\alpha_{71}^* = \alpha_{81}^* = \alpha_{91}^* = \mu_{31}^*(\eta_0) = \frac{\frac{1}{3} + 1}{2} \approx 0,667,$$

$$\alpha_{32}^* = \alpha_{62}^* = \alpha_{92}^* = \mu_{32}^*(\mathcal{C}) = \frac{\frac{1}{3} + 1}{2} \approx 0,667.$$

Благодаря трансформации базы знаний в лингвистическую переменную, из 38 первичных предикатных правил осталось только 9, которые соответствуют значениям переменных входа, представленных на рисунке 3. Для определения уровней отсечения каждого предикатного правила, согласно алгоритму Мамдани, используем операцию минимума степеней истинности предпосылок [15]:

$$\begin{cases} \alpha_1^* = \min\{\alpha_1^*, \alpha_2^*\} = \min\{0,167; 0\} = 0; \\ \alpha_2^* = \min\{\alpha_2^*, \alpha_2^*\} = \min\{0,167; 0,667\} = 0,167; \\ \alpha_3^* = \min\{\alpha_3^*, \alpha_3^*\} = \min\{0,167; 0,667\} = 0,167; (4) \\ \alpha_4^* = \min\{\alpha_4^*, \alpha_4^*\} = \min\{0,667; 0\} = 0; \\ \alpha_5^* = \min\{\alpha_5^*, \alpha_5^*\} = \min\{0,667; 0,667\} = 0,667; \\ \alpha_6^* = \min\{\alpha_6^*, \alpha_6^*\} = \min\{0,667; 0,667\} = 0,667; \\ \alpha_7^* = \min\{\alpha_7^*, \alpha_7^*\} = \min\{0,667; 0\} = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_8^* = \min\{\alpha_8^*, \alpha_8^*\} = \min\{0,667; 0,667\} = 0,667; \\ \alpha_9^* = \min\{\alpha_9^*, \alpha_9^*\} = \min\{0,667; 0,667\} = 0,667. \end{cases}$$

Построим функции принадлежности переменной выхода, используя для этого статистические характеристики предикатных правил (таблица 2).

При построении функции принадлежности будем исходить из следующих соображений:

- диапазон 1 (таблица 4.2) представляет собой отрезок значений переменной выхода, для которых функция принадлежности равна единице;
- диапазон 2 (таблица 4.2) представляет собой отрезок значений переменной выхода, для которых функция принадлежности имеет ненулевое значение;
- используется линейная функция принадлежности Т-класса.

Полученные функции принадлежности для различных значений лингвистической переменной приведены на рисунке 5. Отрезок на рисунке 5 [b, c] соответствует диапазону 1 (таблица 2), а отрезок [a, d] – диапазону 2 (таблица 2).

Далее, согласно алгоритму Мамдани, сформируем теперь функции принадлежности каждого из оставшихся девяти предикатных правил, используя функции принадлежности (рисунок 5) и значения уровней отсечения (4):

**Таблица 2.** Статистические характеристики переменной выхода

Значение	Статистические характеристики переменной выхода
$\eta_0(x_1) = 0...0,5$ $\mathcal{C}(x_2) = 0...100$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,868; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,095; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,773...0,963; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,582...1.
$\eta_0(x_1) = 0...0,5$ $\mathcal{C}(x_2) = 100...500$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,868; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,069; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,799...0,938; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,661...1.
$\eta_0(x_1) = 0...0,5$ $\mathcal{C}(x_2) = 500...∞$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,898; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,081; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,817...0,979; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,656...1.
$\eta_0(x_1) = 0,5...0,7$ $\mathcal{C}(x_2) = 0...100$	Нет данных в базе знаний
$\eta_0(x_1) = 0,5...0,7$ $\mathcal{C}(x_2) = 100...500$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,677; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,045; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,632...0,722; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,541...0,812
$\eta_0(x_1) = 0,5...0,7$ $\mathcal{C}(x_2) = 500...∞$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,810; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,071; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,739...0,881; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,598...1.
$\eta_0(x_1) = 0,7...1,0$ $\mathcal{C}(x_2) = 0...100$	Нет данных в базе знаний
$\eta_0(x_1) = 0,7...1,0$ $\mathcal{C}(x_2) = 100...500$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,777; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,100; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,677...0,877; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,476...1.
$\eta_0(x_1) = 0,7...1,0$ $\mathcal{C}(x_2) = 500...∞$	Среднее выборочное ( $\bar{y}$ ): 0,706; Выборочное СКО ( $\sigma$ ): 0,154; Диапазон 1 ( $\bar{y} \pm \sigma$ ): 0,552...0,860; Диапазон 2 ( $\bar{y} \pm 3\sigma$ ): 0,245...1.

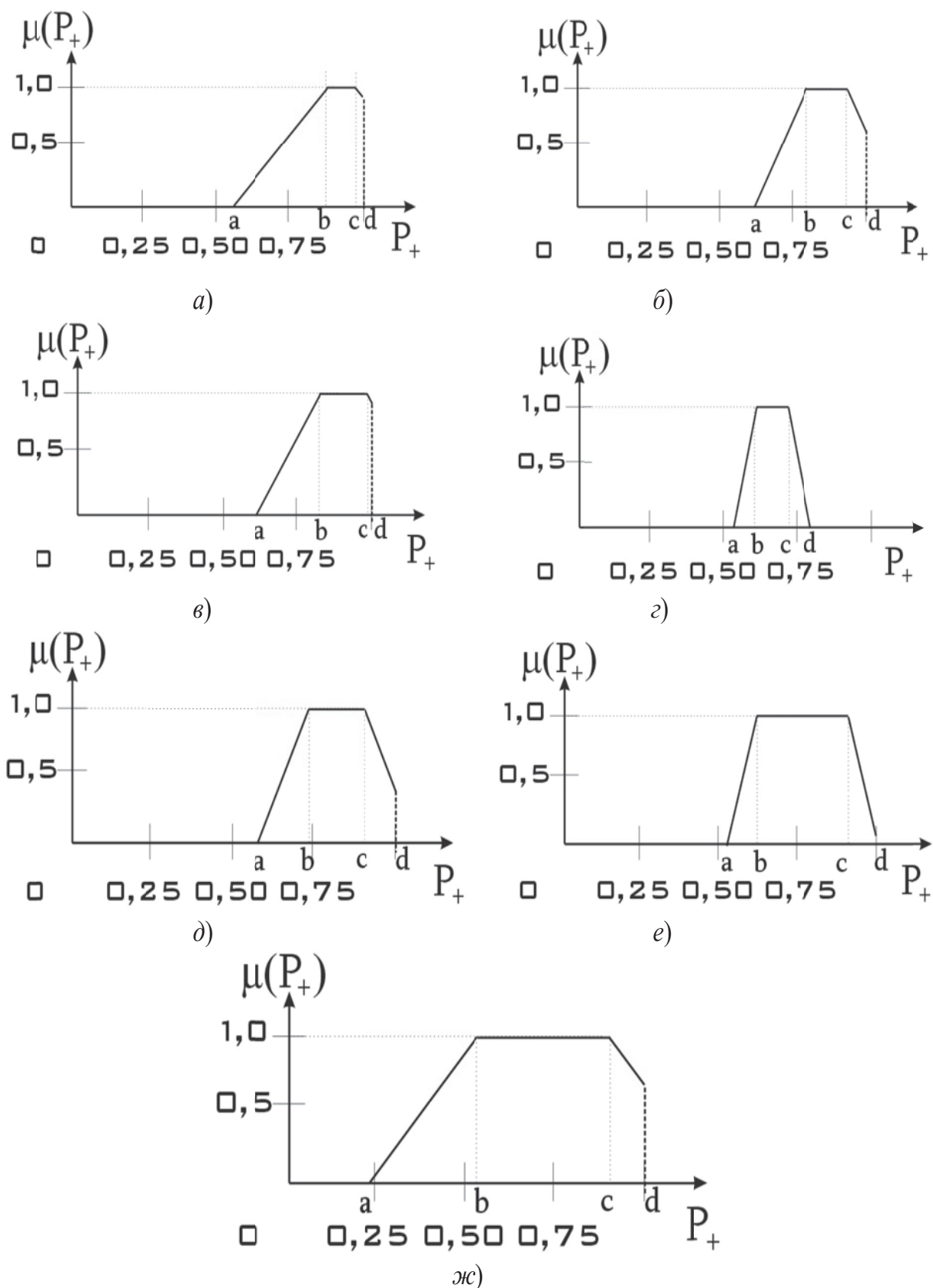


Рис. 5. Функция принадлежности переменной выхода:

- а)  $\eta_0(x_1) = 0 \dots 0,5$ ;  $\times(x_2) = 0 \dots 100$ ; б)  $\eta_0(x_1) = 0 \dots 0,5$ ;  $\times(x_2) = 100 \dots 500$ ; в)  $\eta_0(x_1) = 0 \dots 0,5$ ;  $\times(x_2) = 500 \dots \infty$ ; г)  $\eta_0(x_1) = 0,5 \dots 0,7$ ;  $\times(x_2) = 100 \dots 500$ ; д)  $\eta_0(x_1) = 0,5 \dots 0,7$ ;  $\times(x_2) = 500 \dots \infty$ ; е)  $\eta_0(x_1) = 0,7 \dots 1,0$ ;  $\times(x_2) = 100 \dots 500$ ; ж)  $\eta_0(x_1) = 0,7 \dots 1,0$ ;  $\times(x_2) = 500 \dots \infty$

$$\begin{aligned}
 \mu_1^*(y) &= \min\{\alpha_1^*, \mu_1(P_+)\} = \min\{0, \mu_1(P_+)\} = 0; \\
 \mu_2^*(y) &= \min\{\alpha_2^*, \mu_2(P_+)\} = \min\{0,167, \mu_2(P_+)\} = \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,661; \\ 7,246P_+ - 4,790, \text{если } 0,661 \leq P_+ \leq 0,684; \\ 0,167, \text{если } 0,684 \leq P_+ \leq 1; \end{cases} \\
 \mu_3^*(y) &= \min\{\alpha_3^*, \mu_3(P_+)\} = \min\{0,167, \mu_3(P_+)\} = \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,656; \\ 6,211P_+ - 4,075, \text{если } 0,656 \leq P_+ \leq 0,683; \\ 0,167, \text{если } 0,684 \leq P_+ \leq 1; \end{cases} \\
 \mu_4^*(y) &= \min\{\alpha_4^*, \mu_4(P_+)\} = \min\{0, \mu_4(P_+)\} = 0; \\
 \mu_5^*(y) &= \min\{\alpha_5^*, \mu_5(P_+)\} = \min\{0,667, \mu_5(P_+)\} = \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,541; \\ 10,989P_+ - 5,945, \text{если } 0,541 \leq P_+ \leq 0,602; \\ 0,667, \text{если } 0,602 \leq P_+ \leq 0,752; \\ -11,111P_+ + 9,022, \text{если } 0,752 \leq P_+ \leq 1; \end{cases} \\
 \mu_6^*(y) &= \min\{\alpha_6^*, \mu_6(P_+)\} = \min\{0,667, \mu_6(P_+)\} = \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,598; \\ 7,092P_+ - 4,241, \text{если } 0,598 \leq P_+ \leq 0,692; \\ 0,667, \text{если } 0,684 \leq P_+ \leq 0,928; \\ -7,092P_+ + 7,248, \text{если } 0,928 \leq P_+ \leq 1; \end{cases} \\
 \mu_7^*(y) &= \min\{\alpha_7^*, \mu_7(P_+)\} = \min\{0, \mu_7(P_+)\} = 0; \\
 \mu_8^*(y) &= \min\{\alpha_8^*, \mu_8(P_+)\} = \min\{0,667, \mu_8(P_+)\} = \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,476; \\ 4,975P_+ - 2,368, \text{если } 0,476 \leq P_+ \leq 0,610; \\ 0,667, \text{если } 0,610 \leq P_+ \leq 0,944; \\ -5P_+ + 5,385, \text{если } 0,928 \leq P_+ \leq 1; \end{cases} \\
 \mu_9^*(y) &= \min\{\alpha_9^*, \mu_9(P_+)\} = \min\{0,667, \mu_9(P_+)\} = \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,245; \\ 3,257P_+ - 0,798, \text{если } 0,245 \leq P_+ \leq 0,450; \\ 0,667, \text{если } 0,450 \leq P_+ \leq 0,962; \\ -3,257P_+ + 3,801, \text{если } 0,962 \leq P_+ \leq 1. \end{cases}
 \end{aligned} \tag{5}$$

Теперь можно построить интегральную функцию принадлежности переменной выхода для значений переменных входа (3), которая представляет собой, согласно алгоритму Мамдани, комбинацию из максимальных значений функций принадлежности предикатных правил (5):

$$\begin{aligned}
 \mu_\Sigma^*(y) &= \max\{\mu_1^*(P_+), \mu_2^*(P_+), \mu_3^*(P_+), \mu_4^*(P_+), \mu_5^*(P_+), \mu_6^*(P_+), \mu_7^*(P_+), \mu_8^*(P_+), \mu_9^*(P_+)\} = \\
 &= \begin{cases} 0, \text{если } P_+ \leq 0,245; \\ 3,257P_+ - 0,798, \text{если } 0,245 \leq P_+ \leq 0,450; \\ 0,667, \text{если } 0,450 \leq P_+ \leq 0,962; \\ -3,257P_+ + 3,801, \text{если } 0,962 \leq P_+ \leq 1. \end{cases}
 \end{aligned} \tag{6}$$

График интегральной функции принадлежности (6) представлен на рисунке 6.

Для приведения к чёткости воспользуемся центроидным методом [15] и выражением (6):

$$\begin{aligned}
 P_+^* &= \frac{\int_0^1 P_+ \mu_\Sigma(P_+) dP_+}{\int_0^1 \mu_\Sigma(P_+) dP_+} = \frac{\int_{0,245}^{0,450} (3,257P_+^2 - 0,798P_+) dP_+ + \int_{0,405}^{0,962} 0,667P_+ dP_+ + \int_{0,962}^1 (-3,257P_+^2 + 3,801P_+) dP_+}{\int_{0,245}^{0,450} (3,257P_+ - 0,798) dP_+ + \int_{0,405}^{0,962} 0,667 dP_+ + \int_{0,962}^1 (-3,257P_+ + 3,801) dP_+} \approx \\
 &\approx 0,670.
 \end{aligned}$$



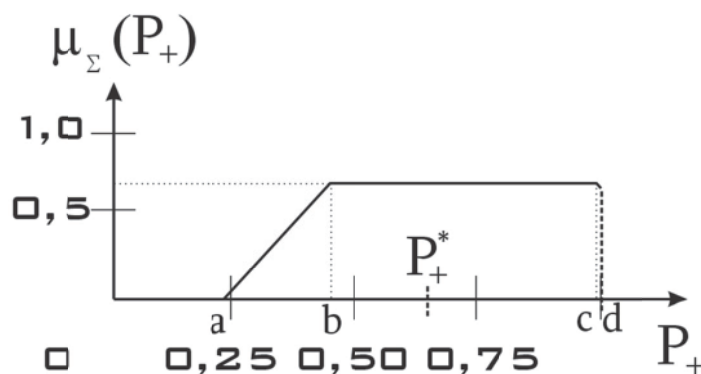


Рис. 6. Интегральная функция принадлежности переменной выхода

Таким образом, на основе имеющейся базы знаний можно оценить значение вероятности успешного преодоления кризиса предприятием, соответствующим исходным данным (3), как 67 %.

### ВЫВОДЫ И ДИСКУССИЯ

Анализ полученного чёткого значения вероятности успешного преодоления кризиса предприятием зависит от конкретной решаемой задачи. Например, прямая дотационная поддержка предприятий может осуществляться при значениях вероятности успешного преодоления кризиса ниже 50 %. В этом случае данное предприятие не попадает в перечень критических. Однако рациональнее всего разработать стратегию реорганизации производств со слабой динамикой, реализуемых предприятием, с целью снижения интегрального показателя нединамичности (3). Для достижения такой цели могут быть использованы мероприятия различных уровней:

- уровня предприятия;
- регионального уровня;
- федерального уровня.

В этом случае будет наблюдаться рост вероятности успешного преодоления кризиса.

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать ряд выводов.

– Предложенный способ оценки кризисоустойчивости предприятия позволяет решать задачи кризисной поддержки предприятий и реорганизации производств со слабой динамикой.

– Основным преимуществом предложенного способа оценки кризисоустойчивости является отсутствие необходимости анализа стохастической постановки задачи и исследования точности переменной выхода.

– Главным недостатком можно считать зависимость результата оценки от алгоритма построения математической модели (в работе был использован алгоритм Мамдани). Однако данный недостаток не является специфическим только для аппарата нечётких множеств. При проверке статистических гипотез с использо-

ванием нескольких критериев зачастую возникают ситуации, когда часть используемых критериев предлагает отвергнуть проверяемую гипотезу, а часть согласны с её принятием. По сути, это тоже нечёткость, которая устраняется в статистике она рисками совершения ошибок I-го или II-го родов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнец С.А. Современный экономический рост: норма, структура и протяженность. М.: Экономика, 1966. 297 с.
2. Кузнец С.А. Экономический рост наций. Совокупный продукт и структура производства. В кн.: Новые книги за рубежом по общественным наукам. № 7. М., 1972.
3. Juglar C. Des Crises commerciales et leur retour periodique en France, en Angleterre, et aux Etats-Unis. Paris: Guillaumin, 1862. 276 p.
4. Keynes J.M. The General Theory of Employment, Interest and Money London: Macmillan Cambridge University Press, 1936. 263 p.
5. Круглова И.А. Экономические санкции как инструмент регулирования международных экономических отношений // Ученые записки Международного банковского института. 2015. № 11-2. С. 152–156.
6. Орлова Н.В. Финансовые санкции против России: влияние на экономику и экономическую политику // Вопросы экономики. 2014. № 12. С. 54–66.
7. Оболенский В.П. От легитимного протекционизма к торговым войнам? // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62. № 9. С. 18–25.
8. Яковлев П.П. Глобальный мир на пороге торговых войн // Перспективы. Электронный журнал. 2018. № 1 (13). С. 6–20.
9. Седельников А.В., Хнырева Е.С. Исследование наличия стохастической зависимости между антикризисной монетарной поддержкой предприятий со слабой динамикой и его чистым операционным убытком // Экономические и гуманитарные науки. 2015. № 8 (283). С. 111–118.
10. Седельников А.В., Хнырева Е.С. Основные признаки предприятий со слабой динамикой, нуждающихся в дополнительных дотациях в период кризиса // Materials of the X International scientific and practical conference «Scientific Horizons». Sheffield,

- England, 2014. P. 84–86.
11. *Седельников А.В., Хнырева Е.С.* Моделирование объёмов продаж маргарина случайным процессом // *Обзор прикладной и промышленной математики*. 2010. Т. 17. № 4. С. 591–592.
  12. *Мясников С.В., Седельников А.В., Хнырева Е.С.* Анализ двух подходов к моделированию объёмов продаж маргарина // *Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета*. 2011. № 1 (17). С. 111–116.
  13. *Sedelnikov A.V., Khnyryova E.S.* Main criteria which help to identify enterprises with weak dynamic // *International Business Management*. 2016. Т. 10. № 18. P. 4311–4312.
  14. *Седельников А.В., Хнырева Е.С.* Формирование интегрального показателя нединамичности предприятия со слабой динамикой для эффективного управления им в кризисный период // *Экономика и управление*. 2017. № 6 (140). С. 36–42.
  15. *Рыбин В.В.* Основы теории нечётких множеств и нечёткой логики. М.: Изд-во МАИ, 2007. 96 с.
  16. *Ермоленко Л.И.* Развитие методов оценки степени необходимости организационных изменений и готовности промышленных предприятий к их проведению: дисс. канд. экон. наук. Самара, 2011. 217 с.

## EVALUATION OF CRISIS RESISTANCE OF THE ENTERPRISE WITH WEAK DYNAMICS WITH USE OF FUZZY LOGIC

© 2019 E.S. Khnyryova

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The work explores the activities of an enterprise with weak dynamics in a crisis period. The high vulnerability of such enterprises due to the peculiarities of the production process is justified and the need to assess their crisis resistance is indicated. The paper proposes the use of the probability of successfully overcoming the crisis as a quantitative assessment of the crisis resistance of an enterprise with weak dynamics. This assessment is based on the application of the classical expert system. The knowledge base of this expert system is a set of predicate rules containing information about the crisis of 2008–10. The work uses predicate rules, which consist of two premises and one conclusion. The first premise is associated with an integral indicator of the non-dynamism of the enterprise, which is a quantitative assessment of the degree of its non-dynamism and reflects all the main aspects of its production and economic activity. The second premise determines the number of employees. The entire knowledge base is transformed into a fuzzy linguistic variable corresponding to the states of the input variables. It is assumed that each of the input variables can take three different values. Thus, any number of predicate rules will be equivalent to nine “averaged” rules. As a solver of the expert system, the well-known Mamdani algorithm was used, which allows one to determine the degree of truth of each premise of each rule, the cutoff level of each rule, and apply the cutoff levels to the membership functions of the variable output, using the summation operation to obtain the integral membership function of the variable output. This function will correspond to the set values of the input variables. Next, the transition to clarity is made on the basis of the integral membership function of the variable output. When bringing to clarity, the centroid method was used. The results obtained in this work can be used to forecast crisis resistance of enterprises with weak dynamics in order to develop a strategy for its improvement.

*Keywords:* An enterprise with weak dynamics, crisis resistance, an integral indicator of non-dynamism, an expert system, the Mamdani algorithm.