

---

---

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РИСКА БАНКРОТСТВА КОРПОРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Михаил Згуровский, Юрий Зайченко

**Abstract:** *Different methods of enterprise bankruptcy risk analysis are considered in the paper. Discriminant analysis method of E.Altman and fuzzy method of Nedosekin are described. The method of bankruptcy risk forecasting based on application of fuzzy neural networks with Mamdani and Tsukamoto inference algorithms is suggested and considered. The experimental investigations of the considered methods of bankruptcy risk analysis for Ukrainian plants were carried out, their efficiency estimated and the most adequate method for Ukrainian economy was determined.*

**Keywords:** *bankruptcy risk analysis, fuzzy matrix method, fuzzy neural networks, Mamdani, Tsukamoto inference.*

**ACM Classification Keywords:** *G.1.0 Mathematics of Computing– General – Error analysis; G.1.6 Mathematics of Computing – NUMERICAL ANALYSIS – Optimization -; I.2.3 Computing Methodologies - ARTIFICIAL INTELLIGENCE - Uncertainty, “fuzzy”, and probabilistic reasoning; I.2.6 Computing Methodologies - ARTIFICIAL INTELLIGENCE – Learning - Connectionism and fuzzy neural nets.*

---

### Введение

Одной из актуальных проблем, связанных со стратегическим менеджментом и планированием является анализ финансового состояния и оценка риска банкротства предприятия (корпорации).

Своевременное выявление признаков возможного банкротства позволяет руководству принимать срочные меры по исправлению финансового состояния и снижению риска банкротства.

В течение многих лет *классические статистические методы* широко использовались для прогнозирования рисков банкротства. Эти модели также имеют название одномерных ('single-period') методов классификации, или статистических моделей. Они включают процедуру классификации, которая относит ту или другую компанию к группе потенциальных банкротов или к группе компаний с благоприятным финансовым положением с определенной мерой точности. Применяя эти модели, могут возникать два типа ошибок. *Ошибка первого типа* возникает тогда, когда фирма-банкрот классифицировалась как фирма с благоприятным финансовым положением. *Ошибка второго типа* возникает тогда, когда предприятие с нормальным финансовым состоянием классифицируется как потенциальный банкрот. Обе ошибки могут привести к серьезным последствиям и убыткам. Например, если кредитное учреждение откажет компаниям со «здоровой» финансовой ситуацией в предоставлении кредита в связи с допущением ошибки 2-го типа, то это может привести к потерям будущей прибыли этой компанией. Такую ошибку часто называют «*коммерческим риском*». И наоборот, если кредитное учреждение примет решение о предоставлении кредита компании, которая является потенциальным

банкротом (ошибка 1-го типа), то это может привести к потерям процентов по кредиту, значительной части ссудных средств, альтернативной стоимости, и др. Поэтому такую ошибку называют «кредитным риском».

В настоящее время существует несколько общепризнанных методов и методик оценки риска банкротства. Наиболее известной и широко применяемой является *методика профессора Альтмана* [1, 2]. Z- модель Альтмана представляет собой статистическую модель, которая на основе оценки показателей финансового состояния и платежеспособности компании позволяет оценить риска банкротства и разделить хозяйственные субъекты на потенциальных банкротов и не банкротов. Вместе с тем модель Альтмана имеет ряд недостатков, и ее применение для экономики Украины сопряжено с определенными трудностями. Поэтому в последние годы разрабатываются альтернативные подходы и методы, учитывающие специфику анализа и принятия решений в условиях неопределенности. К их числу относятся аппарат нечетких множеств и нечеткие нейронные сети.

Целью настоящей работы является рассмотрение и сравнительный анализ эффективности применения различных методов анализа риска банкротства предприятий применительно к экономике Украины.

---

### **Модели оценки риска банкротства на основе многомерного дискриминантного анализа**

---

К числу наиболее известных и распространенных моделей оценки риска банкротства относится модель профессора Е. Альтмана [3,4]. Модель Альтмана построена с использованием аппарата мультипликативного дискриминантного анализа (МДА), который позволяет подобрать такие показатели, дисперсия которых между группами была бы максимальной, а внутри группы минимальной. В данном случае классификация проводилась по двум группам компаний одни из которых позднее обанкротились, а другие, наоборот, смогли выстоять и упрочить свое финансовое положение.

В результате МДА была построена модель Альтмана (Z-счет), имеющая следующий вид [3]:

$$Z=1.2 K_1 + 1.4 K_2 + 3.3 K_3 + 0.6 K_4 + 1.0 K_5 \quad (1)$$

где  $K_1$  = собственный оборотный капитал/ сумма активов;

$K_2$ = нераспределенная прибыль/ сумма активов;

$K_3$ = прибыль до уплаты процентов/ сумма активов;

$K_4$ = рыночная стоимость собственного капитала/ стоимость заемного капитала;

$K_5$ = объем продаж/ сумма активов.

В результате подсчета Z – показателя для конкретного предприятия делается заключение :

если  $Z < 1,81$  – очень высокая вероятность банкротства;

если  $1,81 \leq Z \leq 2,7$  – высокая вероятность банкротства;

если  $2,7 \leq Z \leq 2,99$  –возможно банкротство;

если  $Z \geq 3,0$  – вероятность банкротства крайне мала.

Модель Альтмана дает достаточно точный прогноз вероятности банкротства с временным интервалом 1 – 2 года.

В результате проведения дискриминантного анализа по группе предприятий, которые заявили о своем банкротстве, по финансовым показателям, взятым за год до дефолта, был верно смоделирован этот факт в 31 случае из 33 (94,5%), и в 2 – сделана ошибка (6%). По второй группе предприятий, которые не

обанкротились, модель ошибочно спрогнозировала банкротство только в 1 случае (3%), а в оставшихся 32 (97%) была допущена очень низкая вероятность банкротства, что и подтвердилось фактически. Соответствующие результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты прогноза по модели Альтмана за год до банкротства.**

Группа	Количество компаний	Прогноз: принадлежность к 1 группе	Прогноз: принадлежность к 2 группе
Группа 1 (обанкротившиеся компании)	33	31(94,0%)	2 (6,0%)
Группа 2 (компании, не обанкротились)	33	1(3,0%)	32(97,0%)

Аналогичные расчеты были проведены на основе финансовых показателей за два года до банкротства. Как видно таблицы 2, результаты оказались размытыми, особенно по группе предприятий, которые заявили о своем дефолте, тогда как по группе 2 достоверность расчетов осталась приблизительно на том же уровне. Общая точность классификации по модели Альтмана составляет 95 % за год и 82% за два года до банкротства.

**Таблица 2. Результаты прогноза по модели Альтмана (за два года до банкротства).**

Группа	Количество компаний	Прогноз: принадлежность к 1 группе	Прогноз: принадлежность к 2 группе
Группа 1 (обанкротившиеся компании)	33	23(72,0%)	9 (28,0%)
Группа 2 (компании, которые не обанкротились)	33	2(6,0%)	31(94,0%)

Учитывая то, что вышеприведенный z-счет пригодный лишь для больших предприятий, акции которых котируются на бирже, в 1985 году Е. Альтман предложил новую модель, которая позволяет исправить данный недостаток. Ниже приведена формула для определения вероятности прогнозирования банкротства для предприятий, акции которых не представлены на бирже [4]:

$$Z = 0.717K_1 + 0.847K_2 + 3.107K_3 + 0.42K_4 + 0.995K_5 \quad (2)$$

где  $K_4$  - балансовая стоимость собственного капитала по отношению к одолженному капиталу.

При  $Z < 1.23$  риск банкротства очень большой. Подход Альтмана был многократно использован самим Альтманом и его последователями во многих странах (Великобритания, Франция, Бразилия, Китай, но др.).

Подход Альтмана на основе многомерного дискриминантного анализа далее был развит другими исследователями. К числу известных моделей прогнозирования риска банкротства относятся такие модели:

а) модель Лиса [2]:

$$Z = 0.063K_1 + 0.092K_2 + 0.057K_3 + 0.001K_4 \quad (3)$$

де  $K_1$  - оборотный капитал/сумма активов;

$K_2$  - прибыль от реализации/сумма активов;

$K_3$  - нераспределенная прибыль/ сумма активов;

$K_4$  - рыночная стоимость собственного капитала/заемный капитал;

При  $Z < 0,037$  – высока вероятность банкротства.

б) модель Спрингейта

$$Z = 1.3A + 3.07B + 0.66C + 0.4D \quad (4)$$

где А- оборотный капитал/ общая стоимость активов;

В- прибыль до уплаты налогов/ общая стоимость активов;

С- прибыль до уплаты налогов / краткосрочные обязательства;

Д- объем продаж/ общая стоимость активов.

Если значение  $Z$  меньше, чем 0,862, то предприятие является потенциальным банкротом с вероятностью 92%.

Если  $Z < 0$ , то предприятие классифицируется как банкрот.

В последние годы были выполнены исследования по применению модели

Альтмана для стран СНГ с переходной экономикой. При этом коэффициенты модели должны были быть скорректированы с учетом специфики данного типа экономики. К числу наиболее успешных моделей относится модель Давыдовой-Беликова, разработанная для экономики России [5].

Модель Давыдовой –Беликова имеет вид:

$$R = 8.38K_1 + K_2 + 0.054K_3 + 0.63K_4 \quad (5)$$

где  $K_1$  -отношение оборотного капитала к сумме всех активов;

$K_2$  - отношение чистой прибыли к сумме собственного капитала;

$K_3$  -отношение объема продаж (выручки от реализации) к сумме активов (коэффициент оборачиваемости) ;

$K_4$  -отношение чистой прибыли к себестоимости.

При  $R < 0$ - вероятность банкротства максимальна (90-100 %);  $0 < R < 0,18$  - вероятность банкротства высока (60-80 %);  $0,18 < R < 0,32$  вероятность банкротства средняя (35-50 %);  $0,32 < R < 0,42$ - вероятность банкротства низкая (15-20 %);  $R < 0,42$  - вероятность банкротства минимальна.

---

Заметим, что MDA базируется на следующих ограничениях [2,3]:

- независимые переменные, включенные в модель, нормально распределены;
- матрицы дисперсий и ковариаций группы успешных компаний и банкротов равны;
- стоимость неправильной классификации и априорная вероятность неудачи определены.

На практике данные очень редко удовлетворяют всем трем выше названным предположениям, потому часто применение MDA происходит неадекватным образом и правильность результатов, полученных после его применения, стоит под вопросом

Слабая сторона модели Альтмана состоит в том, что модель является чисто эмпирической, подогнанной по выборке, и не имеет под собой самостоятельной теоретической базы. Кроме того, приведенные коэффициенты должны определяться для различных отраслей промышленности и будут естественно, различаться.

В экономике Украины модель Альтмана пока не получила широкого применения по следующим причинам:

- 1) требуется вычисление соответствующих коэффициентов при показателях  $K_i$ ,  $i=1,5$ , которые, естественно, отличаются от их значений для зарубежных стран;
- 2) информация о финансовом состоянии анализируемых предприятий, как правило, недостоверна, руководство ряда предприятий «сознательно» подправляет свои показатели в финансовых отчетах, что делает невозможным найти достоверные оценки коэффициентов в Z- модели.

Поэтому задача оценки вероятности риска банкротства должна решаться в условиях неопределенности, неполноты исходной информации, и для ее решения предлагается использовать адекватный аппарат принятия решений – нечеткие множества и нечеткие нейронные сети (ННС).

---

### **Оценка риска банкротства на основе нечетко-множественного метода**

---

Рассмотрим матричный метод прогнозирования банкротства корпораций на основе аппарата нечетких множеств, предложенный О.А. Недосекиным [2, 6].

1. Эксперт строит лингвистическую переменную со своим терм-множеством значений. Например, «Уровень менеджмента» может иметь следующее терм-множество значений «Очень низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень высокий».
2. Для того, чтобы конструктивно описать лингвистическую переменную, эксперт выбирает соответствующий количественный признак – например, сконструированный специальным образом показатель уровня менеджмента, который принимает значения от нуля до единицы.
3. Далее эксперт каждому значению лингвистической переменной которая по построению является нечетким подмножеством значений интервала  $[0,1]$ , ставит в соответствие функцию принадлежности того или иного нечеткого множества. Как правило, это трапециевидальная функция принадлежности. Верхнее основание трапеции соответствует полной уверенности эксперта в правильности классификации, а нижнее – уверенности в том, что никакие иные значения интервала  $[0,1]$  не попадают в выбранное нечеткое множество. (см. рис.1.)

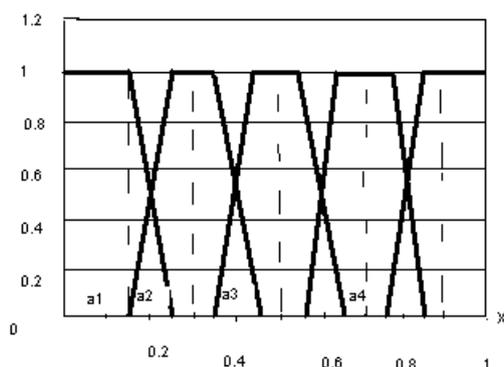


Рис.1. Трапециевидальная функция принадлежности

На этом описание лингвистических переменных заканчивается.

Нечетко-множественный метод, известный также, как **матричный метод**, состоит из следующих этапов

#### Этап 1 (Лингвистические переменные и нечеткие множества)

а. Лингвистическая переменная **Е** «Состояние предприятия» имеет пять значений

$E_1$  – нечеткое подмножество состояний «предельного неблагополучия»;

$E_2$  – нечеткое подмножество состояний "неблагополучия";

$E_3$  – нечеткое подмножество состояний "среднего уровня";

$E_4$  – нечеткое подмножество состояний "относительного благополучия";

$E_5$  – нечеткое подмножество состояний "предельное благополучие".

б. Соответствующая переменной **Е** лингвистическая переменная **Г** «Риск банкротства» также имеет 5 значений:

$G_1$  – нечеткое подмножество состояний "предельный риск банкротства",

$G_2$  – нечеткое подмножество состояний "степень риска банкротства высокая",

$G_3$  – нечеткое подмножество состояний " степень риска банкротства средняя",

$G_4$  – нечеткое подмножество состояний « низкая степень риска банкротства»,

$G_5$  – нечеткое подмножество состояний "риск банкротства очень низкий".

**Носитель** множества **Г** – показатель степени риска банкротства  $g$  – принимает значения от нуля до единицы по определению.

в. Для отдельного финансового показателя или показателя управления  $X_i$  задаем лингвистическую переменную **В<sub>i</sub>** «уровень показателя  $X_i$ » на следующем терм-множестве значений:

$V_{i1}$  - подмножество "очень низкий уровень показателя  $X_i$ ",

$V_{i2}$  - подмножество "низкий уровень показателя  $X_i$ ",

$V_{i3}$  - подмножество "средний уровень показателя  $X_i$ ",

$V_{i4}$  - подмножество "высокий уровень показателя  $X_i$ ",

$V_{i5}$  - подмножество "очень высокий уровень показателя  $X_i$ ".

**Этап 2 (Показатели).** Построим набор отдельных показателей  $X=\{X_i\}$  общим числом  $N$ , которые по мнению эксперта, с одной стороны влияют на оценку риска банкротства предприятия, а с другой стороны, оценивают разные по природе стороны деловой и финансовой жизни предприятия. Например, в матричном методе используются такие показатели [6]

- $X_1$  – коэффициент автономии (отношение собственного капитала к валюте баланса);
- $X_2$  – коэффициент обеспечения оборотных активов собственными средствами (отношение чистого оборотного капитала к оборотным активам);
- $X_3$  – коэффициент промежуточной ликвидности (отношение суммы денежных средств и дебиторской задолженности к краткосрочным пассивам);
- $X_4$  – коэффициент абсолютной ликвидности (отношение суммы денежных средств к краткосрочным пассивам);
- $X_5$  – оборачиваемость всех активов за год (отношение выручки от реализации к средней выручке за период стоимости активов);
- $X_6$  – рентабельность всего капитала (отношение чистой прибыли к средней за период стоимости активов).

**Этап 3 (Значимость показателей).** Поставим в соответствие каждому показателю  $X_i$  уровень его значимости  $r_i$ . Для того, чтобы оценить этот уровень, необходимо поставить все показатели по порядку уменьшения их значимости так, чтобы выполнялось соотношение:

$$r_1 \geq r_2 \geq \dots r_N.$$

Если система показателей проранжирована в порядке уменьшения их значимости, то вес  $i$ -го показателя  $r_i$  необходимо определять по правилу Фишберна:

$$r_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N} \quad (6)$$

Если все показатели имеют одинаковый вес, то  $r_i = 1/N$ .

**Этап 4 (Классификация степени риска).** Построим классификацию текущего значения  $g$  показателя степени риска как критерий разбиения этого множества на нечеткие подмножества (таблица 3.):

Таблица 3. Классификация степени риска

Интервал значений $g$	Классификация уровня параметра	Степень оценочной уверенности (функция принадлежности)
$0 \leq g \leq 0.15$	$G_5$	1
$0.15 < g < 0.25$	$G_5$	$\mu_5 = 10 \times (0.25 - g)$
	$G_4$	$1 - \mu_5 = \mu_4$
$0.25 \leq g \leq 0.35$	$G_4$	1
$0.35 < g < 0.45$	$G_4$	$\mu_4 = 10 \times (0.45 - g)$
	$G_3$	$1 - \mu_4 = \mu_3$
$0.45 \leq g \leq 0.55$	$G_3$	1
$0.55 < g < 0.65$	$G_3$	$\mu_3 = 10 \times (0.65 - g)$
	$G_2$	$1 - \mu_3 = \mu_2$
$0.65 \leq g \leq 0.75$	$G_2$	1
$0.75 < g < 0.85$	$G_2$	$\mu_2 = 10 \times (0.85 - g)$
	$G_1$	$1 - \mu_2 = \mu_1$
$0.85 \leq g \leq 1.0$	$G_1$	1

**Этап 5 (Классификация значений показателей).** Построим классификацию текущих значений показателей  $X$  как критерий разбиения полного множества их значений на нечеткие подмножества вида  $B$ . Один из примеров такой классификации приведен ниже в таблице 4. В клетках таблицы стоят трапецеидальные нечеткие числа, которые характеризуют соответствующие функции принадлежности

Таблица 4. Классификация отдельных финансовых показателей

Показатель	Т-числа $\{\gamma\}$ для значений лингвистической переменной «Величина параметра»:				
	«очень низкий»	«низкий»	«средний»	«высокий»	«очень высокий»
$X_1$	(0,0,0.1,0.2)	(0.1,0.2,0.25,0.3)	(0.25,0.3,0.45,0.5)	(0.45,0.5,0.6,0.7)	(0.6,0.7,1,1)
$X_2$	(-1,-1,-0.005,0)	(-0.005,0,0.09,0.11)	(0.09,0.11,0.3,0.35)	(0.3,0.35,0.45,0.5)	(0.45,0.5,1,1)
$X_3$	(0,0,0.5,0.6)	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.7,0.8,0.9,1)	(0.9,1,1.3,1.5)	(1.3,1.5, $\infty$ , $\infty$ )
$X_4$	(0,0,0.02,0.03)	(0.02,0.03,0.08,0.1)	(0.08,0.1,0.3,0.35)	(0.3,0.35,0.5,0.6)	(0.5,0.6, $\infty$ , $\infty$ )
$X_5$	(0,0,0.12,0.14)	(0.12,0.14,0.18,0.2)	(0.18,0.2,0.3,0.4)	(0.3,0.4,0.5,0.8)	(0.5,0.8, $\infty$ , $\infty$ )
$X_6$	( $-\infty$ , $-\infty$ ,0,0)	(0,0,0.006,0.01)	(0.006,0.01,0.06,.1)	(0.06,0.1,0.225,.4)	(0.225,0.4, $\infty$ , $\infty$ )

**Этап 6 (Оценка уровня показателей).** Проведем оценку текущего уровня показателей и сведем полученные результаты в таблицу 5.

Таблица 5. Текущий уровень показателей

Показатель	Текущее значение
$X_1$	$X_1$
...	...
$X_i$	$X_i$
...	...
$X_N$	$X_N$

**Этап 7 (Классификация уровня показателей).** Проведем классификацию текущих значений  $x$  по критерию таблицы, построенной на этапе 5. Результатом проведенной классификации есть таблица значений  $\lambda_{ij}$  – уровней принадлежности носителя  $x_i$  нечетким подмножествам  $B_j$ .

**Этап 8 (Оценка степени риска).** Выполним вычислительные операции для оценки степени риска банкротства  $g$ :

$$g = \sum_{j=1}^5 g_j \sum_{i=1}^N r_i \lambda_{ij} \quad (7)$$

где 
$$g_j = 0.9 - 0.2 * (j-1) \quad (8)$$

Смысл применения формул (7) и (8) состоит в следующем. Сначала мы оцениваем вес того или иного подмножества из  $B$  в оценке состояния корпорации  $E$  и в оценке степени риска  $G$ . Эти веса далее принимают участие во внешней сумме для определения среднего значения показателя  $g$ , где  $g_j$  есть не что иное как средняя оценка  $g$  из соответствующего диапазона таблицы 3 этапа 4.

**Этап 9 (Лингвистическое распознавание).** Классифицируем полученное значение степени риска на базе данных таблицы 4. Результатом классификации являются лингвистическое описание степени риска банкротства и степени уверенности эксперта в правильности его классификации.

Основные достоинства нечетко-множественного матричного метода состоят в следующем:

- 1) возможность использования, кроме количественных, и качественных факторов;
- 2) учет неточной, приблизительной информации о значениях факторов.

### **Анализ состояния предприятия «ЭК Одесса Облэнерго» на основе подхода Альтмана**

Рассмотрим ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ» Одессаоблэнерго», которое существует и функционирует в Украине. Анализ будем проводить по два отчетных года 2009 и 2010 на основе финансовых показателей. Для анализа предприятия будем пользоваться формулой (1).

Для этого определим значения переменных:

- $X_1$  - оборотный капитал / сумма активов;
- $X_2$  - нераспределенная прибыль / сумма активов;
- $X_3$  - операционная прибыль / сумма активов;
- $X_4$  - балансовая стоимость капитала / заимствованный капитал ;
- $X_5$  - отношение выручки / сумма активов.
- $X_6$  - рентабельность всего капитала.

#### **Этап 3 (Значимость).**

Соответствующие результаты приведены в таблице 6

Таблица 6. Результаты вычислений

Название показателя	Текущее значение 2009г.	Текущее значение 2010г.
$X_1$	-0,09555	0,028968
$X_2$	-0,1534	-0,1355
$X_3$	0,12773	0,103273
$X_4$	0,097544	0,098317
$X_5$	0,070147	0,097018
$Z_{2009(2010)}$	<b>3,8809</b>	<b>3,2525</b>

$$Z_{2009}=3,8809; \quad Z_{2010}=3,2525.$$

Сравним полученные значения  $Z_{2009}$  и  $Z_{2010}$  с критерием Альтмана:

если  $Z > 2,89$  низкая степень банкротства.

Как мы видим, полученные значения свертки по Альтману для обоих лет указывают на то, что предприятие является финансово стабильным.

### **Анализ состояния предприятия ОАО «ЭК Одесса Облэнерго» на основе нечетко-множественного метода**

Рассмотрим ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ Одессаоблэнерго», анализ которой проделан выше с использованием модели Альтмана и применим матричный нечетко-множественный метод..

#### **Этап 1 (Лингвистические переменные и нечеткие подмножества).**

Определяем множества E, G, B. Обозначим Лингвистической переменной E «Состояние предприятия».

Далее определяем лингвистическую переменную  $G$  «Риск банкротства», которая соответствует переменной  $E$ , и также имеет пять значений.

Для произвольного финансового или управленческого показателя  $X_i$  задаем лингвистическую переменную  $V_i$  - «Уровень показателя  $X_i$ » на следующем множестве значений: "очень низкий уровень показателя  $X_i$ "; «низкий уровень показателя  $X_i$ »; "средний уровень показателя  $X_i$ "; "высокий уровень показателя  $X_i$ "; "очень высокий уровень показателя  $X_i$ ".

**Этап 2 (Показатели)** Строим набор отдельных показателей  $X = \{X_i\}$  общим количеством  $N$ , которые по усмотрению эксперта-аналитика влияют на оценку риска банкротства предприятий и оценивают различные по природе аспекты деловой и финансовой жизни предприятия, причем показатели не должны дублировать друг друга с точки зрения их значимости для анализа.

Выберем систему из тех же самых шести следующих показателей:

- $X_1$  - коэффициент автономии;
- $X_2$  - коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами;
- $X_3$  - коэффициент промежуточной ликвидности;
- $X_4$  - коэффициент абсолютной ликвидности;
- $X_5$  - коэффициент оборачиваемости активов;
- $X_6$  - рентабельность всего капитала.

### Этап 3 (Значимость).

Сопоставим каждому показателю  $X_i$  уровень его значимости для анализа  $r_i$ .

В нашем случае все показатели равнозначны, следовательно  $r_i = 1 / 6$ .

### Этап 4 (Классификация степени риска).

Построим классификацию текущего значения  $g$  - показателя степени риска как критерий разбиения этого множества на нечеткие подмножества (используя таблицу 3.)

### Этап 5 (Классификация значений показателей).

Построим классификацию текущих значений  $x$  показателей  $X$ , как критерий разбиения полного множества их значений на нечеткие подмножества вида  $B$ . При разбиении будем пользоваться трапециевидными числами, характеризующими соответствующие функции принадлежности. Для анализа финансовых показателей воспользуемся шкалой классификации финансовых показателей (таблица 4).

### Этап 6 (Вычисление уровня показателей).

Вычисляем текущие уровни показателей  $X$  для данного предприятия, и для удобства анализа сводим в таблицу (таблица 7).

Таблица 7. Текущий уровень показателя

Название показателя	Текущее значение 2009 г.	Текущее значение 2010 г.
$X_1$	0,0889	0,0895
$X_2$	-0,5351	0,1149
$X_3$	0,5825	0,9376
$X_4$	0,1554	0,5420
$X_5$	1,0754	0,8946
$X_6$	0,00001	0,0017

**Этап 7 (Классификация уровня показателей).** Проводим классификацию текущих значений показателей  $x_i$  из таблицы (7) используя критерии, приведенные в таблице (4). Результаты полученной классификации будем заносить в таблицу (таблица 8), где  $\lambda_{ij}$  - уровень принадлежности носителей  $x_i$  нечеткому множеству  $V_i$ .

Таблица 8. Уровни принадлежности носителей нечетких подмножеств

Название показателя	Результат классификации по подмножествам 2007г.				
	$V_{i1}$	$V_{i2}$	$V_{i3}$	$V_{i4}$	$V_{i5}$
	«очень низкий»	«низкий»	«средний»	«высокий»	«очень высокий»
	$\lambda_{i1}$	$\lambda_{i2}$	$\lambda_{i3}$	$\lambda_{i4}$	$\lambda_{i5}$
$X_1$	1	0	0	0	0
$X_2$	1	0	0	0	0
$X_3$	0,175	0,825	1	0	0
$X_4$	0	0	1	0	0
$X_5$	0	0	0	0	1
$X_6$	0	1	0	0	0
$\sum \Gamma_i \lambda_{ij}$	0,3625	0,304167	0,33333	0	0,16667

Название показателя	Результат классификации по подмножествам 2008г				
	$V_{i1}$	$V_{i2}$	$V_{i3}$	$V_{i4}$	$V_{i5}$
	«очень низкий»	«низкий»	«средний»	«высокий»	«очень высокий»
	$\lambda_{i1}$	$\lambda_{i2}$	$\lambda_{i3}$	$\lambda_{i4}$	$\lambda_{i5}$
$X_1$	1	0	0	0	0
$X_2$	1	0	0	0	0
$X_3$	0	1	0,624	0,346	0
$X_4$	0	0	1	0,58	0,42
$X_5$	0	0	0	0	1
$X_6$	0	1	0	0	0
$\sum \Gamma_i \lambda_{ij}$	0,33333	0,33333	0,27067	0,159333	0,236667

Значение  $X_3 = 0,5825$  попадает в интервал (0,5; 0,6), причем как мы видим это интервал неуверенности эксперта, поэтому нам необходимо определить принадлежность вычисленного значения до «очень низкого» и «низкого» уровней. Для этого трапециевидные числа необходимо записать в аналитическом виде, и выполнить вычисления.

**Этап 8 (Оценка степени риска).** Теперь необходимо выполнить свертку полученных уровней принадлежности показателей, для оценки степени риска банкротства  $g$  по формулам (7), (8). Вычислим  $g_j$  для нашего примера:

Таблица 9.

	1	2	3	4	5
$g_j$	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1

Вычислим  $g$  для каждого года:  $g_{2009}=0,639181$ ;  $g_{2010}=0,473567$ ;

---

---

Мы видим, что в течение года произошли улучшения финансового состояния предприятия, хотя и не значительные. Можно сделать предварительный вывод, что предприятие начинает выходить из кризисного состояния.

**Этап 9 (Лингвистическое распознавания).** Классифицируем полученное значение степени риска с помощью таблицы (4). Результатом классификации является лингвистическое описание степени риска банкротства и дополнительно степень уверенности эксперта в правильности результатов его классификации.

Как мы видим, наше значение  $g_{2009} = 0,639181$  попадает в интервал, который указывает на «Высокий» или «Средний» уровень риска банкротства. А значение  $g_{2010} = 0,473567$  попадает в интервал, который указывает, что уровень банкротства может быть «Средний».

---

### **Анализ состояния предприятия ОАО «ЭК Одесса Облэнерго» на основе метода Мамдани**

---

Определим уровень банкротства на предприятии ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ Одессаоблэнерго» с помощью нечеткого вывода Мамдани [1,2].

Этап 1 (Лингвистические переменные и нечеткие подмножества).

Аналогично нечетко-множественному подходу определяем множества E, G, B.

Этап 2 (Показатели) Строим набор отдельных показателей  $X = \{X_i\}$  общим количеством N, которые по усмотрению эксперта-аналитика влияют на оценку риска банкротства предприятий и оценивают различные по природе аспекты делового и финансового жизни предприятия. Выберем систему из шести показателей тех самых, что и для нечетко-множественного подхода

Этап 3 (Формирование базы правил системы нечеткого вывода).

Базу правил формируют специалист по предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида:

$P_1$  : если  $x \in A_1$  и  $y \in B_1$ , то  $z \in C_1$ ;

$P_2$  : если  $x \in A_2$  и  $y \in B_2$ , то  $z \in C_2$ .

Введем следующие лингвистические переменные для реализации алгоритмов нечеткого вывода Мамдани и Цукамото.

X1: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий);

X2: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий);

X3: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий);

X4: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий);

X5: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий);

X6: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий);

Уровни банкротства: (Очень Низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень Высокий).

Для упрощения записи введем следующие сокращения:

Очень Низкий – (ОН), Низкий – (Н), Средний – (Ср), Высокий – (В), Очень Высокий – (ОВ).

Тогда мы можем записать следующие правила, с учетом всех возможных комбинаций :

Если  $X_1$  «ОН» и  $X_2$  «ОН» и  $X_3$  «ОН» и  $X_4$  «ОН» и  $X_5$  «ОН» и  $X_6$  «ОН» то риск банкротства «ОВ»;

Если  $X_1$  «Н» и  $X_2$  «ОН» и  $X_3$  «ОН» и  $X_4$  «ОН» и  $X_5$  «ОН» и  $X_6$  «ОН» то риск банкротства «ОВ»;

Если  $X_1$  «Ср» и  $X_2$  «Н» и  $X_3$  «ОН» и  $X_4$  «ОН» и  $X_5$  «ОН» и  $X_6$  «ОН» то риск банкротства «ОВ»;

Если  $X_1$  «Ср» и  $X_2$  «Ср» и  $X_3$  «Н» и  $X_4$  «ОН» и  $X_5$  «ОН» и  $X_6$  «ОН» то риск банкротства «ОВ»;

Если  $X_1$  «Ср» и  $X_2$  «Ср» и  $X_3$  «Ср» и  $X_4$  «Н» и  $X_5$  «ОН» и  $X_6$  «ОН» то риск банкротства «В»;

Если  $X_1$  «В» и  $X_2$  «Ср» и  $X_3$  «Н» и  $X_4$  «ОН» и  $X_5$  «Н» и  $X_6$  «ОН» то риск банкротства «Н»;

...

Если  $X_1$  «В» и  $X_2$  «В» и  $X_3$  «В» и  $X_4$  «Ср» и  $X_5$  «Ср» и  $X_6$  «В» то риск банкротства «Ср»;

Если  $X_1$  «ОВ» и  $X_2$  «ОВ» и  $X_3$  «В» и  $X_4$  «ОВ» и  $X_5$  «В» и  $X_6$  «ОВ» то риск банкротства «Н»;

Если  $X_1$  «ОВ» и  $X_2$  «ОВ» и  $X_3$  «ОВ» и  $X_4$  «ОВ» и  $X_5$  «ОВ» и  $X_6$  «ОВ», то риск банкротства «ОН».

Общее число правил очень велико, если учитывать все возможные варианты перестановок значений.

Для облегчения восприятия и сокращения записи правил введем баллы для лингвистических значений.

ОН=5; Н=4; Ср=3; В=2; ОВ=1.

Вычислим предельные показатели уровня банкротства, воспользовавшись следующими граничными правилами: Если  $X_1$  «ОН» и  $X_2$  «ОН» и  $X_3$  «ОН» и  $X_4$  «ОН» и  $X_5$  «ОН» и  $X_6$  «ОН» то БАЛЛ=30;

Если  $X_1$  «Н» и  $X_2$  «Н» и  $X_3$  «Н» и  $X_4$  «Н» и  $X_5$  «Н» и  $X_6$  «Н» то БАЛЛ=24;

Если  $X_1$  «Ср» и  $X_2$  «Ср» и  $X_3$  «Ср» и  $X_4$  «Ср» и  $X_5$  «Ср» и  $X_6$  «Ср» то БАЛЛ=18;

Если  $X_1$  «В» и  $X_2$  «В» и  $X_3$  «В» и  $X_4$  «В» и  $X_5$  «В» и  $X_6$  «В» то БАЛЛ=12;

Если  $X_1$  «ОВ» и  $X_2$  «ОВ» и  $X_3$  «ОВ» и  $X_4$  «ОВ» и  $X_5$  «ОВ» и  $X_6$  «ОВ» то БАЛЛ=6;

Тогда новые правила для оценки риска банкротства запишутся таким образом:

Если БАЛЛ > 24, то уровень банкротства ОВ;

Если БАЛЛ ≤ 24 и БАЛЛ > 18, то уровень банкротства В;

Если БАЛЛ ≤ 18 и БАЛЛ > 12, то уровень банкротства Ср;

Если БАЛЛ ≤ 12 и БАЛЛ > 6, то уровень банкротства Н;

Если БАЛЛ = 6, то уровень банкротства ОН.

Такой подход позволяет охватить все множество правил.

Этап 4 (Фаззификация входных параметров).

Проводим фаззификацию входных параметров, или описание каждого из терм-множеств (лингвистических переменных) с помощью функций принадлежности. И находим степени истинности для каждого значения в правилах:  $A_1(x_0)$ ,  $A_2(x_0)$ ,  $B_1(y_0)$ ,  $B_2(y_0)$ .

В качестве функций принадлежности будем использовать треугольные функции. Для большей наглядности функций принадлежности представим их графически, рис.2.–8. и укажем на них соответствующие фактические значения показателей.

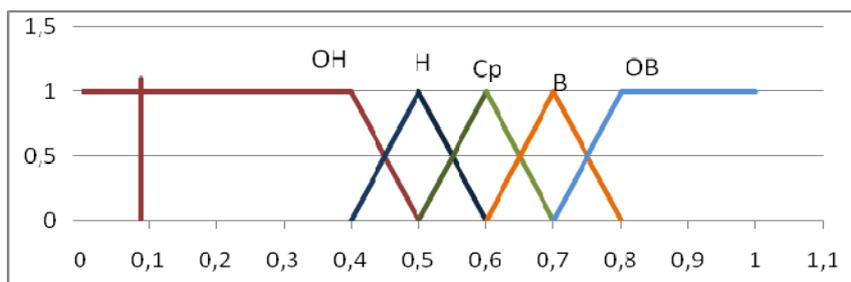


Рис. 2. Функция принадлежности  $\mu_1$  параметра X1

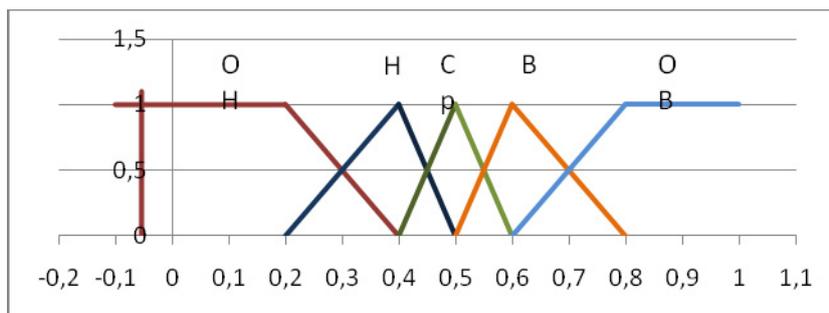


Рис. 3. Функция принадлежности  $\mu_2$  параметра X2

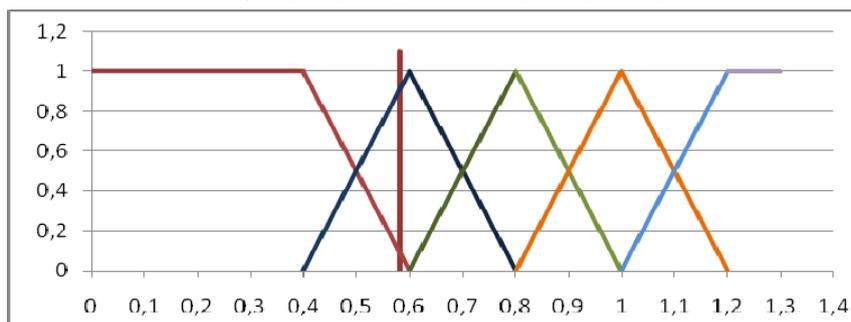


Рис. 4. Функция принадлежности  $\mu_3$  параметра X3

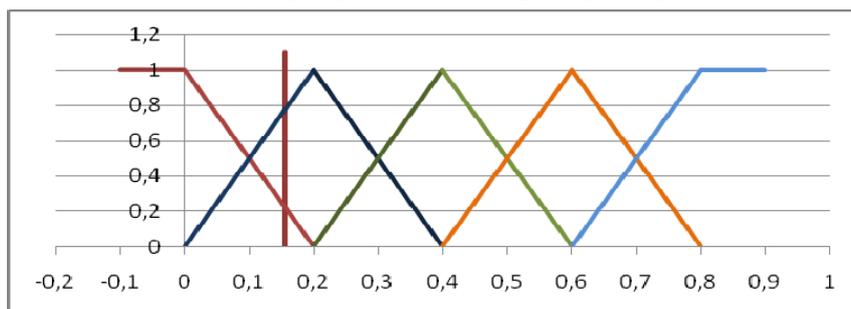


Рис. 5. Функция принадлежности  $\mu_4$  параметра X4

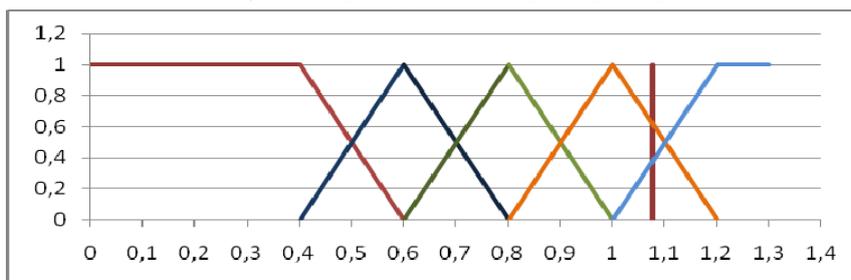


Рис. 6. Функция принадлежности  $\mu_5$  параметра X5

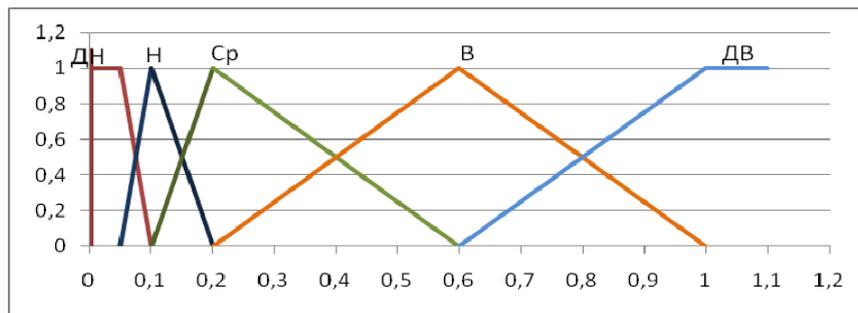


Рис. 7. Функция принадлежности  $\mu_6$  параметра X6

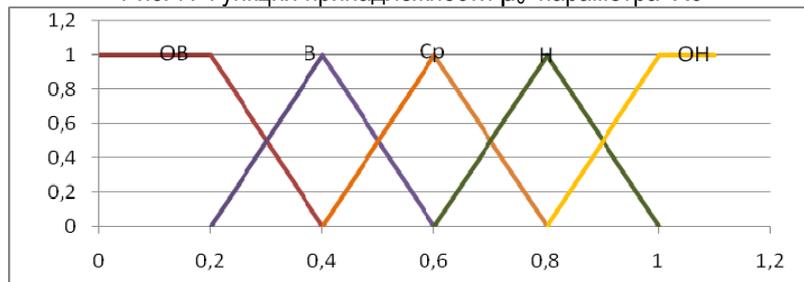


Рис. 8. Функция принадлежности уровней банкротства

**Этап 5 (Логический вывод).** Находим уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил с использованием операции  $\min$ :

$$\alpha_1 = A_{11}(x_{10}) \wedge A_{21}(x_{20}) \wedge A_{31}(x_{30}) \wedge A_{41}(x_{40}) \wedge A_{51}(x_{50}) \wedge A_{61}(x_{60});$$

$$\alpha_i = A_{1i}(x_{10}) \wedge A_{2i}(x_{20}) \wedge A_{3i}(x_{30}) \wedge A_{4i}(x_{40}) \wedge A_{5i}(x_{50}) \wedge A_{6i}(x_{60}).$$

А также находим «усеченные» функции принадлежности:

$$C_1' = (\alpha_1 \wedge C_1(z));$$

$$C_i' = (\alpha_i \wedge C_i(z)).$$

Для большей наглядности покажем это на рис. 9. – 11:

Правило первое:

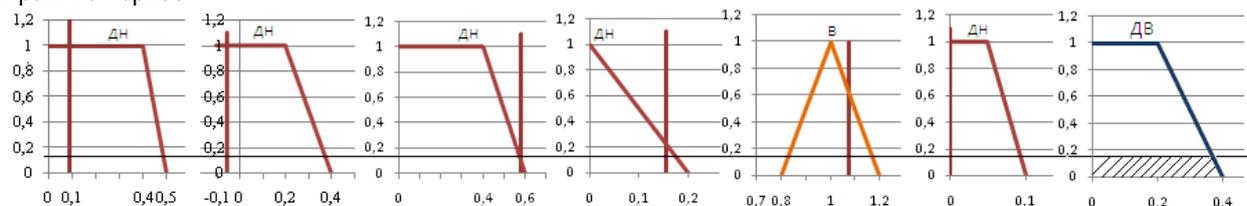


Рис. 9. Первое правило

Согласно нашим правилам мы проводим ранжирование для каждого входного значения  $X_i$  :  
 $5 + 5 + 5 + 5 + 2 + 5 = 27 - ДВ$ .

Правило второе:

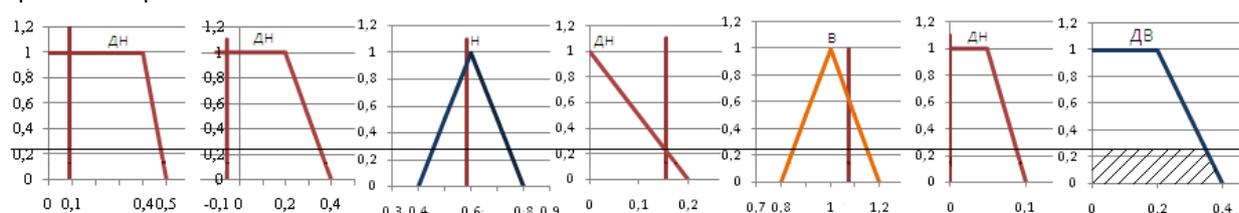


Рис. 10. Второе правило

Где:  $5 + 5 + 4 + 5 + 2 + 5 = 26 - ДВ$ .

Остальные 6 правил строим аналогичным образом. Последнее правило выглядит так

Правило восьмое:

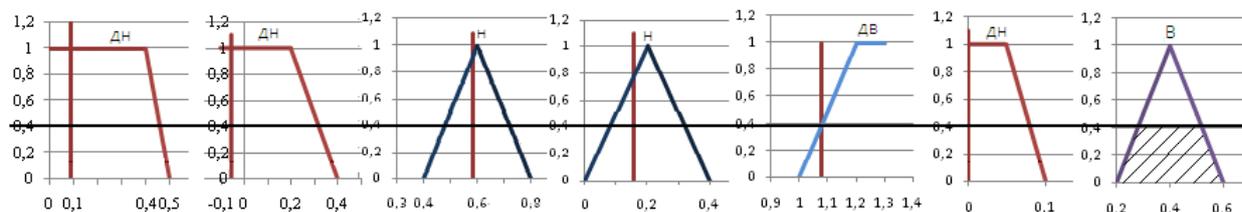


Рис. 11. Восьмое правило

где:  $5 + 5 + 4 + 4 + 1 + 5 = 24 - В$ .

**Этап 6 (Композиция).** Проводится объединение найденных усеченных функций с использованием операции  $\max$ , что приводит к получению конечного нечеткого подмножества для выходной переменной с функцией принадлежности  $\mu_z$ . Для наглядности покажем это на рис. 12.

Логический вывод:

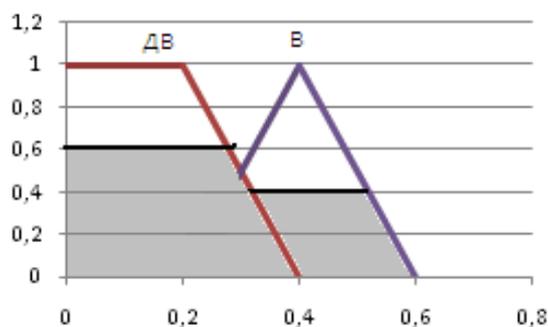


Рис. 12 .Вывод правил за 2009 год

**Этап 7 (Приведение к четкости (дефаззификация).** Приведение к четкости осуществляется центроидным методом [1,2] согласно формулы

$$w_0 = \frac{\int_{\Omega} w \cdot \mu_{\Sigma}(w) dw}{\int_{\Omega} \mu_{\Sigma}(w) dw}$$

Для предприятия ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ Одессаоблэнерго» значения  $Z_0$  за 2009 год равно  $Z_{0(2009)} = 0,347$ , что соответствует «очень высокому» или «ВЫСОКОМУ» уровню банкротства.

Определим уровень банкротства для ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ Одессаоблэнерго » за 2010 год. Проходим аналогичные этапы, тогда мы получим следующие два правила рис.13, повлиявшие на исход композиции (рис. 14).

Далее осуществляем анализ риска банкротства предприятий, используя алгоритм нечеткого вывода Цукамото. Алгоритм во многом похож на метод Мамдани, отличия заключаются на этапе определения выходов правил: здесь выход каждого правила определяется путем решения уравнения [2]:

$$\alpha_i = C_i(z_i)$$

И определяем четкие значения  $(z_i)$  для каждого исходного правила.

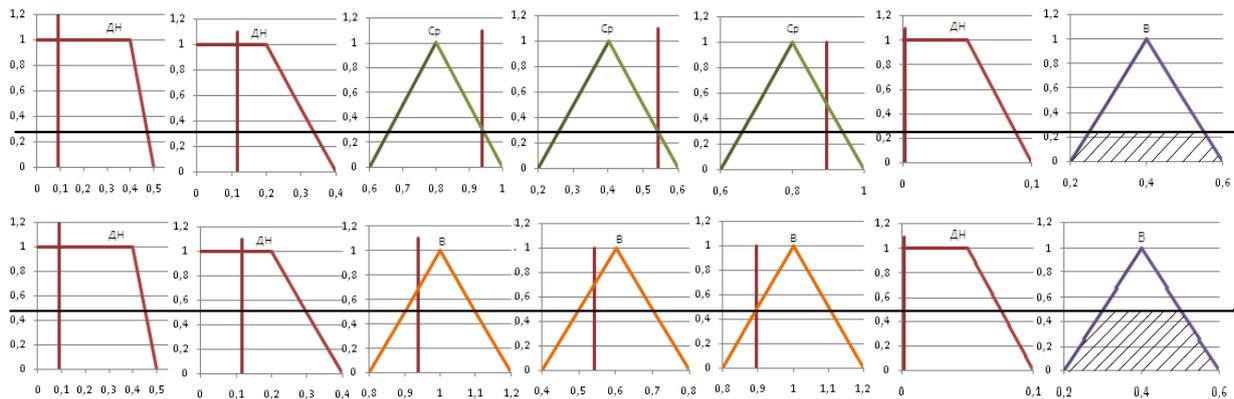


Рис.13. Два правила, которые повлияли на композицию выхода

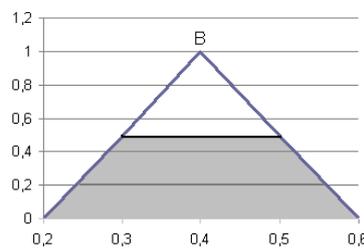


Рис.14. Вывод правил за 2010 год

Итак, мы получили  $Z_{0(2010)} = 0,4$ , что отвечает «ВЫСОКОМУ» уровню банкротства.

Композицию выходов правил осуществляем центроидным методом, согласно формулы:

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$$

Для предприятия ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ Одессаоблэнерго» значения  $Z_0$  за 2009 год равен:  $Z_{0(2009)} \approx 0,374$ , что соответствует «очень высокому» или «ВЫСОКОМУ» уровню банкротства.

Определим уровень банкротства для ОАО «ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩАЯ КОМПАНИЯ Одессаоблэнерго» за 2010 год. Выполнив все этапы нечеткого логического вывода по алгоритму Цукамото, получим

$Z_0(2010) \approx 0,2896$ , что соответствует «очень высокому» или «ВЫСОКОМУ» уровню банкротства.

Как видно из результатов решения задачи разными методами, наихудший результат показал подход Альтмана, который определил для предприятия «НИЗКИЙ» уровень риска банкротства. С помощью подхода Недосекина был получен результат, согласно которому предприятию был спрогнозирован «СРЕДНИЙ» или «высокий» уровень риска банкротства, причем с помощью подхода Недосекина можно увидеть улучшения в работе предприятия за 2010 год.

С помощью подходов Мамдани и Цукамото было определено, что предприятие находится на грани неопределенности между «ОЧЕНЬ ВЫСОКИМ» и «высоким» уровнями риска банкротства. С помощью подхода Мамдани также можно анализировать изменения в состоянии предприятия.

### Сравнительный анализ методов прогнозирования риска банкротства предприятий

Проведем расчеты состояния предприятий на основе финансовых показателей за два года и за год до банкротства с помощью подходов Альтмана, Недосекина, Мамдани и Цукамото. Анализ предприятия мы будем проводить с помощью разработанной программы которая реализует все четыре метода диагностики состояний предприятия, а конечные результаты будем заносить в таблицы для большей наглядности. Всего было исследовано 52 предприятия, акции которых не представлены на бирже. Среди этих предприятий 26 были признаны банкротами официально и обращение их акций было аннулировано на рынке ценных бумаг. Остальные 26 предприятий официально считаются работоспособными на сегодняшний день.

Проанализировав первую группу предприятий-«банкротов» с помощью модели Альтмана за два года до дефолта, мы получили следующие результаты, среди 26 предприятий «высокий» уровень вероятности банкротства получило только 9 предприятий, 7 предприятий признано со «средним» уровнем риска банкротства, и 10 предприятий были признаны предприятия с «низким» уровнем вероятности банкротства. За год до дефолта 11 предприятий получило «высокий» уровень риска банкротства, 9 предприятий- «средний» уровень, и 6 предприятий - «низкий» уровень риска банкротства (таблица 10).

Таблица 10. Результаты прогноза по модели Альтмана «предприятия - банкроты»

Группа	Кол-во компаний	Прогноз банкротства		
		Высокий	Средний	Низкий
За два года до банкротства	26	35% (9)	27% (7)	38% (10)
За год до банкротства	26	42% (11)	35% (9)	23% (6)
Среднее за два года	26	38%	31%	31%

Определим уровень точности прогнозирования риска банкротства предприятия в течение исследуемого периода. Итак модель Альтмана с точностью 0,69 дает в среднем правильный прогноз для предприятий, которые являются потенциальными банкротами (рис. 15)



Рис. 15. Уровень точности прогнозирования состояния предприятий-банкротов

Для второй группы предприятий, которую условно назовем «работоспособные», мы получили следующие результаты. За два отчетных года до нынешнего состояния, 22 предприятия признаны, как предприятия с «низким» уровнем банкротства, 2 предприятия - «средний» уровень и 2 предприятия получили статус «высокий» уровень банкротства. За один отчетный год до настоящего состояния 18 предприятий - «низкий» уровень банкротства, 5 предприятий - «средний» уровень банкротства, 3 предприятия - «высокий» уровень банкротства (таблица 11).

Таблица 11. - Результаты прогноза по модели Альтмана «предприятия - не банкроты»

Группа	Кол-во компаний	Прогноз банкротства (уровни)		
		Высокий	Средний	Низкий
За 2009 отчетный год	26	7,5% (2)	7,5% (2)	85% (22)
За 2010 отчетный год	26	12% (3)	19% (5)	69% (18)
Среднее за два года	26	10%	13%	77%

Определим уровень точности прогнозирования риска работоспособности предприятия в течение исследуемого периода. Итак, средний показатель точности прогнозирования для предприятий - не банкротов по равняется 0,77 .

Проведем анализ финансового состояния тех же самых двух групп предприятий, которые анализировались методом Альтмана, с помощью нечетко-множественного метода Недосекина. В результате анализа предприятий «банкротов » за два года до дефолта среди 26 исследуемых предприятий было выявлено 20 предприятий с «Очень высоким », «высоким»или «средним» уровнями риска банкротства, 6 предприятий имеют статус предприятий с «низким» и «очень низким » уровнем банкротства. За год до дефолта 22 предприятий - с «очень высоким », «высоким»или «средним» уровнями банкротства, 4 предприятия - с «низким» или «очень низким» уровень банкротства (таблица 12)

Таблица 12. Результаты прогноза по модели Недосекина «предприятия - банкроты»

Группа	Кол-во компаний	Прогноз	
		Банкроты	Не банкроты
За два года до банкротства	26	77% (20)	23% (6)
За год до банкротства	26	85% (22)	15% (4)
Среднее за два года	26	81%	19%

Определим уровень точности прогнозирования риска банкротства предприятия в течение исследуемого периода. Итак, подход Недосекина дает правильный прогноз для предприятий, которые являются потенциальными банкротами, со средней точностью 0,81.

Для второй группы предприятий - «работоспособные», мы получили следующие результаты, анализируя их методом Недосекина. За два отчетных года до нынешнего состояния, 21 предприятия признаны, как предприятия с «очень низким», «низким» или «средним» уровнями риска банкротства, 5 предприятия получили статус «высокий» или «очень высокий» уровень риска банкротства. За один отчетный год до настоящего состояния 20 предприятий - «очень низкий », «низкий» или «средний» уровень риска банкротства, 6 предприятий - «высокий» или «очень высокий» уровень банкротства (таблица 13).

Таблица 13. Результаты прогноза по модели Недосекина «предприятия - не банкроты»

Группа	Кол-во компаний	Прогноз	
		Банкроты	Не банкроты
За 2009 отчетный год	26	19% (5)	81% (21)
За 2010 отчетный год	26	23% (6)	77% (20)
Среднее за два года	26	21%	79%

Обобщим полученные результаты, найдя среднее значение точности прогнозирования за каждый один отчетный год, и за два года вместе (таблица 14).

Таблица 14. Средняя точность прогноза состояния предприятия по модели Недосекина

Группа	Количество компаний	Прогноз (%)	
		Верно	Ошибка
За два отчетных года	52	79	21
За один отчетный год	52	81	19
Среднее	52	80	20

Учитывая полученные результаты, можно сказать, что подход Недосекина позволяет не только определить финансовое состояние предприятий, но определить его более точно благодаря лингвистической шкале, состоящей из пяти оценок уровня банкротства «ОН, Н, СР, В, ОВ». Кроме того, подход Недосекина позволяет проследить динамику развития предприятия, т.е. позволяет провести финансовый анализ предприятия за предыдущий и текущий отчетные периоды и определить уровень банкротства на «начальной» стадии, что позволяет преждевременно принять меры по предупреждению банкротства.

Проведем анализ финансового состояния тех же самых двух групп предприятий с помощью подхода Мамдани. В результате анализа предприятий-«банкротов» за два года до дефолта среди 26 исследуемых предприятий было выявлено 22 предприятий с «Очень высоким», «высоким» или «средним» уровнями риска банкротства, 4 предприятия имеют статус предприятий с «низким» и «очень низким» уровнем риска банкротства. За год до дефолта было определено 25 предприятий - с «очень высоким», «высоким» или «средним» уровнями риска банкротства, 1 предприятие - с «низким» или «очень низким» уровнем риска банкротства (таблица 15).

Таблица 15. Результаты прогноза по модели Мамдани «предприятия - банкроты»

Группа	Количество компаний	Прогноз	
		Банкроти	Не банкроты
За два года до банкротства	26	85% (22)	15% (4)
За год до банкротства	26	96% (25)	4% (1)
Среднее за два года	26	90%	10%

Для второй группы предприятий - «работоспособные», мы получили следующие результаты, анализируя их методом Мамдани. За 2009 отчетный год, 23 предприятия признаны, как предприятия с «очень низким», «низким» или «средним» уровнями риска банкротства, 3 предприятия получили статус «высокий» или «очень высокий» уровень риска банкротства. За 2010 год состояние некоторых предприятий ухудшилось, они перешли на ступень ниже, но общая картина осталась той же: 23 предприятия - «очень низкий», «низкий» или «средний» уровень риска банкротства, 3 предприятий - «высокий» или «очень высокий» уровень риска банкротства (таблица 16).

Таблица 16. Результаты прогноза по модели Мамдани «предприятия - не банкроты»

Группа	Количество компаний	Прогноз	
		Банкроти	Не банкроты
За два года до банкротства	26	12% (3)	88% (23)
За год до банкротства	26	12% (3)	88% (23)
Среднее за два года	26	12%	88%

Проведя анализ финансового состояния тех же предприятий методом Цукамото, получили следующие результаты (таблицы 17–19).

Таблица 17. Результаты прогноза по модели Цукамото «предприятия - банкроты»

Группа	Количество компаний	Прогноз	
		Банкроти	Не банкроты
За два года до банкротства	26	22 (85%)	4 (15%)
За год до банкротства	26	24 (92%)	2 (8%)
Среднее за два года	26	88%	12%

Таблица 18. Результаты прогноза по модели Цукамото «предприятия - не банкроты»

Группа	Количество компаний	Прогноз	
		Банкроти	Не банкроты
За два года до банкротства	26	12% (3)	88% (23)
За год до банкротства	26	15% (4)	85% (22)
Среднее за два года	26	13%	87%

Таблица 19. Усредненные показатели точности прогноза о состоянии предприятия по модели Цукамото

Группа	Количество компаний	Прогноз (%)	
		Верно	Ошибка
За два отчетных года	52	87	13
За один отчетный год	52	88	12
Среднее	52	87	13

Как видно из приведенных таблиц, подход Цукамото также дает возможность проанализировать состояние предприятия на любой стадии и с достаточно высоким процентом вероятности выявить критическое состояние предприятия на начальной стадии.

Обобщим полученные результаты для предприятий «банкротов», с помощью подходов Альтмана, Недосекина, Мамдани, Цукамото (таблица 20) рис. 16.

Таблица 20. Результаты прогнозов по Альтману, Недосекину, Мамдани, Цукамото о состоянии предприятий- банкротов

Подход	Количество компаний	Прогноз	
		Правильный (%)	Не правильный (%)
Альтмана	26	69,2	30,8
Недосекина		80,8	19,2
ННС Мамдани		90,4	9,6
ННС Цукамото		88,5	11,5



Рис. 16 . Результаты прогнозирования риска банкротства предприятий-банкротов различными методами

Обобщим полученные результаты для всех исследуемых предприятий, с помощью подходов Альтмана, Недосекина, Мамдани, Цукамото, они приведены в таблице 21 и на рис. 17.

Таблица 21. Результаты прогнозов по Альтману, Недосекину, Мамдани, Цукамото

Подход	Количество компаний	Прогноз	
		Правильный (%)	Не правильный (%)
Альтмана	52	73	27
Недосекина		80	20
Мамдани		89,4	10,6
Цукамото		88	13



Рис. 17. Анализ прогнозирования состояния предприятий различными методами

Как видим, в нашем исследовании метод Альтмана правильно спрогнозировал состояние предприятий в среднем на 69%, метод Недосекина этот прогноз совершил верно в среднем на 81%, подходы Мамдани и Цукамото дали примерно одинаковые результаты, прогноз был осуществлен на 90% правильно. Во-вторых, не учитываем заинтересованность в существовании обанкротившихся предприятий. Но можно уверенно сказать, что нечетко-множественный метод Недосекина, а также нечеткие нейронные сети Мамдани и Цукамото позволяют изучить тенденции развития предприятий, и выявить угрозу банкротства предприятия уже на ранней стадии.

---

## Заключение

---

В статье были изложены методы анализа и прогнозирования риска банкротства: классический метод Альтмана, нечетко-множественный метод проф. Недосекина и разработанные нами методы на основе применения нечетких нейронных сетей с выводами Мамдани и Цукамото.

Сравнительный анализ различных методов оценки риска банкротства был проведен с помощью разработанного программного продукта, на языке программирования C++. Используя разработанный программный комплекс, было проведено прогнозирование банкротства для 52 предприятий Украины. Среди них 26 предприятий были потенциальными банкротами, а 26 предприятий - платежеспособными, т.е. уровень банкротства является «низким», «очень низким», «средним». Среди 26 предприятий потенциальных банкротов 24 предприятия на 01.02.2011 год были признаны банкротами по решению суда или согласно решению о прекращении эмитента путем ликвидации по решению высшего органа и принято общим собранием акционеров предприятия. Среди 26 платежеспособных предприятий со «средним» уровнем риска банкротства было признано банкротами - 4, а 6 предприятий были реорганизованы в общества с дополнительной ответственностью или общества с ограниченной ответственностью.

Заметим, что по результатам сравнительного анализа наиболее высокую точность прогноза банкротства предприятий показали ННС с выводом Мамдани (90%) и Цукамото (88%), далее следует нечетко-множественный метод Недосекина (80%) и наконец, наихудшие показатели точности прогноза имеет классический метод дискриминантного анализа Альтмана (73%).

---

## Благодарности

---

Статья частично финансирована из проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теорий и Приложений FOI ITHEA и консорциума FOI Bulgaria ([www.ithea.org](http://www.ithea.org), [www.foibg.com](http://www.foibg.com))

---

## Литература

---

1. М.З.Згуровский, Ю.П. Зайченко. Модели и методы принятия решений в нечетких условиях.-К.: Изд. «Наукова думка»,2011.- с
2. Ю,П. Зайченко. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах-К.: издательский дом « Слово», 2008.-344 с.
3. Altman E.I. Corporate Financial Distress.- New York, John Wiley, 1983.
4. Altman E.I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the prediction of Corporate Bankruptcy. // Journal of Finance, September, 1968, pp. 589-609
5. Давыдова Г.В., Беликов А.Ю. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий//Управление риском, 1999, № 3, с. 13-20.
6. Недосекин А.О. Максимов О.Б., Павлов Г.С. Анализ риска банкротства предприятия. Метод. указания по курсу «Антикризисное управление - На сайте [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.htm](http://sedok.narod.ru/sc_group.htm).

---

## Информация об авторах

---

**Михаил Згуровский**- академик НАН Украины, доктор технических наук, профессор, ректор НТУУ «Киевский политехнический институт»,03056,

**Юрий Зайченко**- доктор технических наук, профессор. Институт прикладного системного анализа НТУУ «КПИ»,03056, Киев-56, Украина phone: 38044 -4068393, e-mail: [baskervil@voliacable.com](mailto:baskervil@voliacable.com), [ZaychenkoYuri@ukr.net](mailto:ZaychenkoYuri@ukr.net)