

**КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РИСКА БАНКРОТСТВА
КОРПОРАЦІЙ В УМОВИХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТІ.
ЧАСТЬ 2**

М.З. ЗГУРОВСКИЙ, Ю.П. ЗАЙЧЕНКО

Изложены различные модели и методы анализа риска банкротства предприятий с использованием нечетких нейронных сетей (ННС) с алгоритмами вывода Мамдани и Цукамото. Проведены экспериментальные исследования рассмотренных четкого метода Альтмана, нечетко-множественного метода Недосекина и ННС в задачах анализа риска банкротства на примере предприятий Украины. Оценена их эффективность и определен наиболее адекватный метод.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части статьи были изложены и проанализированы классический метод дискриминантного анализа Альтмана и нечетко-множественный метод О. Недосекина в задаче анализа риска банкротства корпораций [1–4], а также приведены результаты экспериментальных исследований этих методов применительно к предприятиям Украины.

Цель работы — рассмотрение и анализ систем нечеткого логического вывода с алгоритмами Мамдани и Цукамото в данной задаче и сравнительный анализ с ранее изложенными методами.

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Рассмотрим кратко принципы работы и алгоритмы нечеткого логического вывода [1, 2].

Используемый в разных экспертных системах механизм нечеткого вывода в своей основе имеет базу знаний, формируемую специалистами предметной области в виде совокупности нечетких предикатных правил вида [5, 6]:

Π_1 : если x_1 есть A_{11} , x_2 есть A_{12} , ..., x_n есть A_{1n} , то y есть B_1 ;

Π_2 : если x_1 есть A_{21} , x_2 есть A_{22} , ..., x_n есть A_{2n} , то y есть B_2 ;

...

Π_K : если x_1 есть A_{K1} , x_2 есть A_{K2} , ..., x_n есть A_{Kn} , то y есть B_K ,

где $x_i, x_j \in X$ — входные переменные; $y, y \in Y$ — переменная вывода (имя для значения данных, которое будет вычислено); A_{ij} и B_i — функции принадлежности, заданные соответственно на множествах X и Y .

Знание эксперта $A \rightarrow B$ отражает нечеткое причинное отношение предпосылки и заключения, поэтому его можно назвать нечетким отношением и обозначить через R :

$R: A \rightarrow B$, где « \rightarrow » называют нечеткой импликацией.

Как операцию композиции, так и операцию импликации в алгебре нечетких множеств можно реализовывать по-разному (при этом будет отличаться и получаемый результат), но в любом случае общий логический вывод осуществляется за следующие четыре этапа [1, 2].

1. *Введение нечеткости (фаззификация, fuzzification)*. Функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой предпосылки каждого правила.

2. *Логический вывод*. Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к одному нечеткому подмножеству, которое будет назначено каждой переменной вывода для каждого правила. В качестве правил логического вывода обычно используются только операции *min* или *prod* (умножение).

3. *Композиция*. Все нечеткие подмножества, назначенные к каждой переменной вывода (во всех правилах), объединяются вместе, чтобы сформировать одно нечеткое подмножество для всех переменных вывода. При подобном объединении обычно используются операции *max* или *sum* (сумма). При композиции в форме *max* комбинированный вывод нечеткого подмножества конструируется как поточечный максимум по всем нечетким подмножествам (нечеткая логика ИЛИ). При композиции в форме *sum* комбинированный вывод нечеткого подмножества формируется как поточечная сумма по всем нечетким подмножествам, назначенным переменной вывода правилами логического вывода.

4. *Приведение к четкости (дефаззификация, defuzzification)*. Используется, если нужно преобразовать нечеткий набор выводов в четкое число. Существует значительное количество методов приведения к четкости, некоторые из которых рассмотрены ниже.

В настоящее время существует несколько алгоритмов нечеткого логического вывода, наиболее известными и используемыми из которых являются алгоритмы Мамдани, Цукамото, Сугено и Ларсена.

АЛГОРИТМ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ

Рассмотрим реализацию алгоритма нечеткого вывода Мамдани, считая, для простоты, что базу знаний организуют два нечетких правила вида:

P_1 : если x_1 есть A_1 и x_2 есть B_1 , то y есть C_1 ,

P_2 : если x_1 есть A_2 и x_2 есть B_2 , то y есть C_2 ,

где x_1 и x_2 — имена входных переменных, y — имя переменной вывода, $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2$ — некоторые заданные функции принадлежности. При этом четкое значение y_0 необходимо определить на основе приведенной информации и четких значений x_{10} и x_{20} . Нечеткий логический вывод включает следующие этапы:

1) *Введение нечеткости*. Находятся степени истинности для предпосылок каждого правила: $A_1(x_{10}), A_2(x_{10}), B_1(x_{20}), B_2(x_{20})$.

2) *Логический вывод*. Находятся уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил (с использованием операции *min*):

$$\alpha_1 = A_1(x_{10}) \wedge B_1(x_{20}),$$

$$\alpha_2 = A_2(x_{10}) \wedge B_2(x_{20}),$$

где через « \wedge » обозначена операция логического и *min*. Затем находятся «усеченные» функции принадлежности:

$$C'_1 = (\alpha_1 \wedge C_1(y)),$$

$$C'_2 = (\alpha_2 \wedge C_2(y)).$$

3) *Композиция*. Производится объединение найденных усеченных функций с использованием операции *max* (обозначенная далее как « \vee »), что приводит к получению итогового нечеткого подмножества для переменной выхода с функцией принадлежности:

$$\mu_{\Sigma}(y) = C_{\Sigma}(y) = C'_1(y) \vee C'_2(y) = (\alpha_1 \wedge C_1(y)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(y)). \quad (1)$$

4) *Приведение к четкости*. Проводится для нахождения четкого значения y_0 , например, центроидным методом.

НЕЧЕТКИЙ АЛГОРИТМ ЦУКАМОТО

Исходные посылки — как у предыдущего алгоритма, но в данном случае предполагается, что функции $C_1(y), C_2(y)$ являются монотонными (рис. 1) [1, 2]:

1) *Введение нечеткости* (как в алгоритме Мамдани).

2) *Нечеткий вывод*. Сначала находятся уровни «отсечения» α_1 и α_2 (как в алгоритме Мамдани), а затем решаются уравнения: $\alpha_1 = C_1(y_1)$ и $\alpha_2 = C_2(y_2)$ и определяются четкие значения y_1 и y_2 для каждого исходного правила.

3) Определяется четкое значение переменной вывода (как взвешенное среднее y_1 и y_2):

$$y_0 = \frac{\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2}{\alpha_1 + \alpha_2}. \quad (2)$$

В общем случае четкое значение выхода находится с помощью дискретного варианта центроидного метода:

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}. \quad (3)$$

Отметим основные достоинства систем с нечеткой логикой. Они позволяют:

- работать с нечеткой неполной и качественной информацией, заданной в виде лингвистических переменных;
- использовать экспертную информацию в виде нечетких правил вывода.

В целом, системы с нечеткой логикой целесообразно применять в следующих случаях [1]:

- для сложных процессов, когда нет простой математической модели;
- если экспертные знания об объекте или о процессе можно сформулировать только в лингвистической форме.

Отметим основные недостатки систем с нечеткой логикой:

- исходный набор нечетких правил формулируется экспертом-человеком и может оказаться неполным или противоречивым;
- вид и параметры функций принадлежности, которые описывают входные и исходные переменные системы, выбираются субъективно и могут оказаться такими, что не полностью отражают реальность.

Для устранения указанных недостатков необходимо использовать *обучение систем нечеткой логики*, т.е. сделать их адаптивными. С этой целью систему нечеткого логического вывода представляют в виде нечеткой нейронной сети, в которой нечеткими оказываются веса связей между нейронами. Это позволяет использовать для ее обучения накопленный широкий арсенал методов обычных нейронных сетей.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ПОДХОДА МАМДАНИ

Определим уровень банкротства энергоснабжающей компании, которая реально существует и функционирует в Украине, с помощью нечеткого вывода Мамдани.

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

Π_1 : если x_1 есть A_1 и x_2 есть B_1 , то y есть C_1 ,

Π_i : если x_1 есть A_i и x_2 есть B_i , то y есть C_i , $i = 1, k$,

где x_i — входные переменные, y — выходная переменная, A_i, B_i, C_i — значения лингвистических переменных (термы).

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

X_1 : («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»);

X_2 : («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»);

X_3 : («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»);

X_4 : («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»);

X_5 : («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»);

X_6 : («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»).

Определим 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 БАЛ=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: $A_1(x_{10}), A_2(x_{10}), B_1(x_{20}), B_2(x_{20})$.

В качестве функций принадлежности будем использовать треугольные функции. Для большей наглядности функций принадлежности представим их графически (рис. 1–7) и укажем на них соответствующие фактические значения показателей.

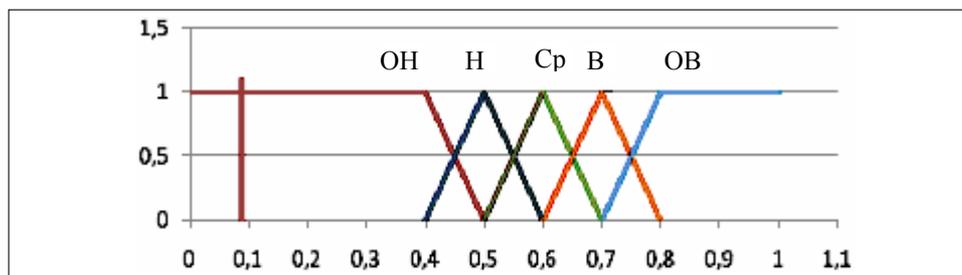


Рис. 1. Функция принадлежности μ_1 параметра X_1

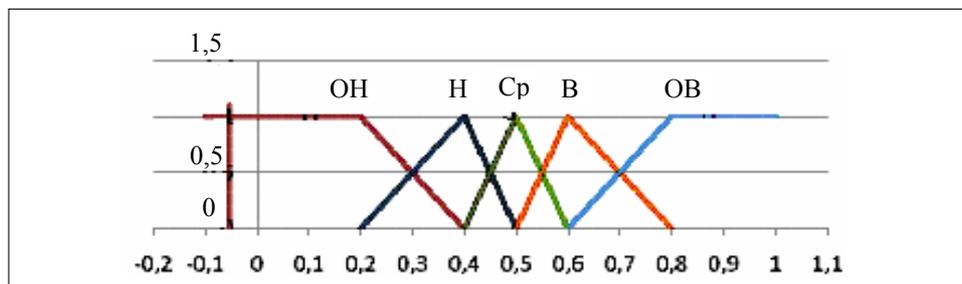


Рис. 2. Функция принадлежности μ_2 параметра X_2

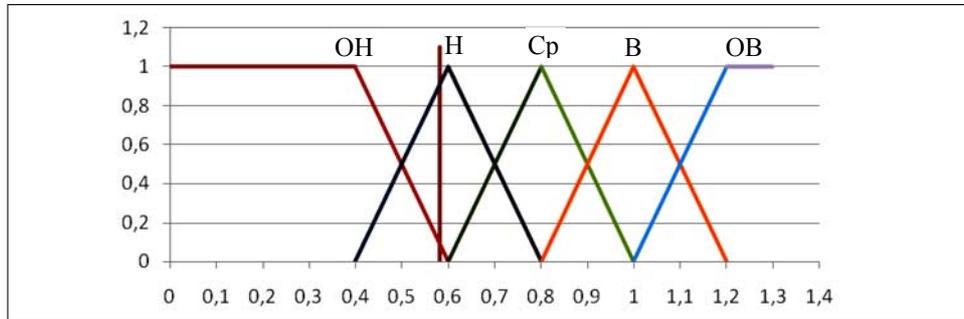


Рис. 3. Функция принадлежности μ_3 параметра X_3

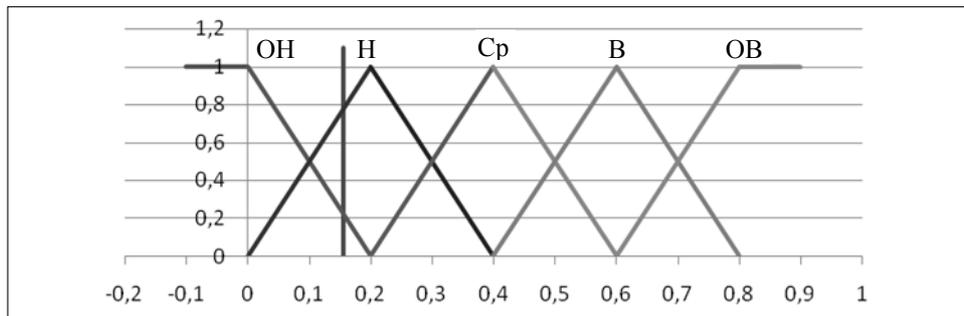


Рис. 4. Функция принадлежности μ_4 параметра X_4

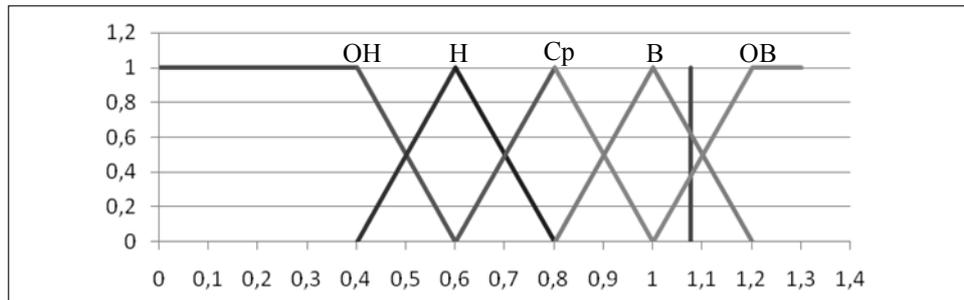


Рис. 5. Функция принадлежности μ_5 параметра X_5

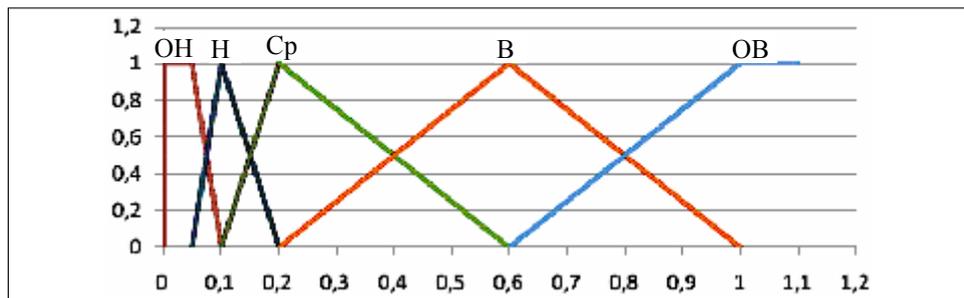


Рис. 6. Функция принадлежности μ_6 параметра X_6

Этап 5. Логический вывод. Находим уровни «отсечения» для предпосылки каждого из правил с использованием операции *min*:

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

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

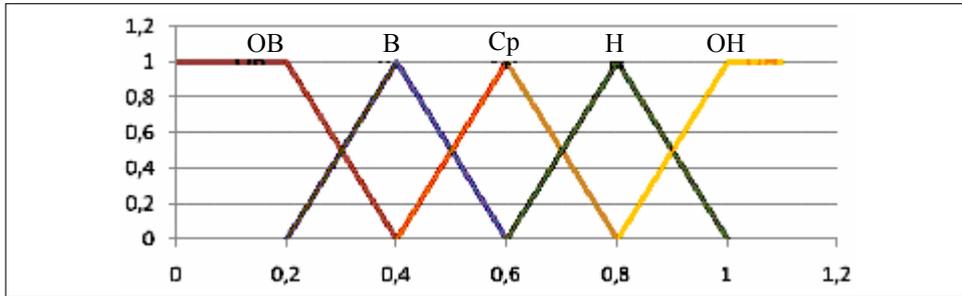


Рис. 7. Функция принадлежности уровней банкротства

А также находим «усеченные» функции принадлежности:

$$C'_i = (\alpha_i \wedge C_i(y)); \quad C'_i = (\alpha_i \wedge C_i(y)).$$

Для большей наглядности покажем это на рис. 8–10.

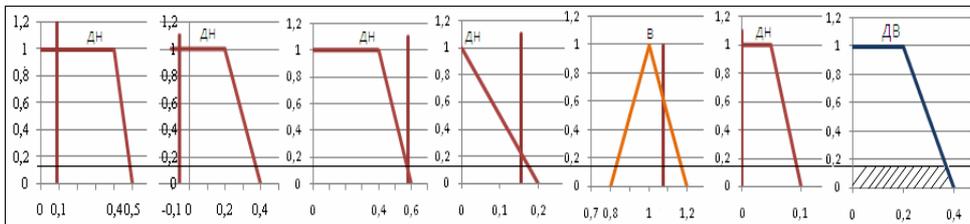


Рис. 8. Первое правило

Согласно нашим правилам мы проводим ранжирование для каждого входного значения таким образом: $X_i : 5 + 5 + 5 + 5 + 2 + 5 = 27$ — **ОВ**.

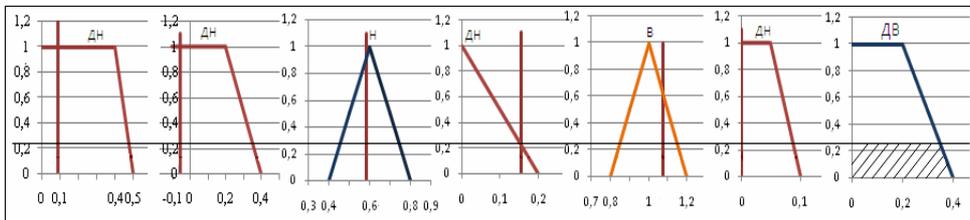


Рис. 9. Второе правило

Второе правило (рис. 9) выглядит так: $5 + 5 + 4 + 5 + 2 + 5 = 26$ — **ОВ**.
Остальные 6 правил строим аналогичным образом.

Восьмое правило (рис. 10) выглядит так: $5 + 5 + 4 + 4 + 1 + 5 = 24$ — **В**.

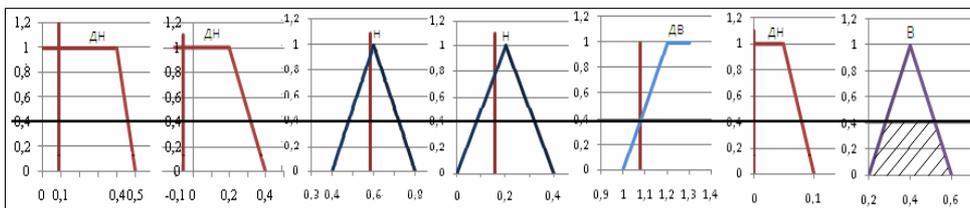


Рис. 10. Восьмое правило

Этап 6. Композиция. Проводится объединение найденных усеченных функций с использованием операции *max*, что приводит к получению ко-

нечеткого нечеткого подмножества для выходной переменной с функцией принадлежности $\mu(z)$. Для наглядности покажем это на рис. 11.

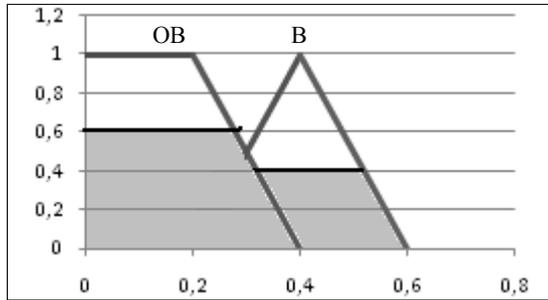


Рис. 11. Вывод правил за 2009 г.

Этап 7. Приведение к четкости (дефаззификация).

Приведение к четкости осуществляется центроидным методом [1, 2]:

$$y_0 = \frac{\int y \mu_{\Sigma}(y) dy}{\int \mu_{\Sigma}(y) dy}.$$

Для энергоснабжающей компании, которая реально существует и функционирует в Украине, значения Z_0 за 2009 г. равно $Z_{0(2009)} = 0,347$,

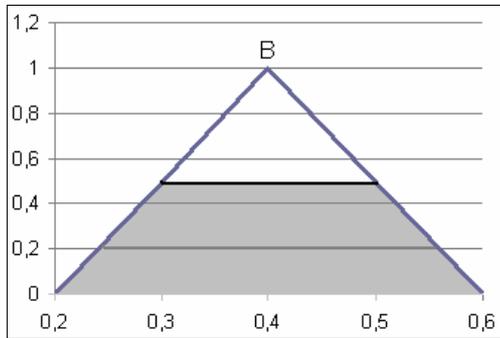


Рис. 12. Вывод правил за 2010 г.

что соответствует «очень высокому» или «высокому» уровню банкротства.

Определим уровень банкротства для энергоснабжающей компании, которая реально существует и функционирует в Украине за 2010 г. Выполняя аналогичные этапы, мы получим следующий итоговый выход правил после композиции приведенной на рис. 12.

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

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

$$\alpha_i = C_i(y_i).$$

Также определяем четкие значения (y_i) для каждого исходного правила.

Композицию выходов правил осуществляем центроидным методом согласно формулы (3).

Для предприятия энергоснабжающей компании, которая реально существует и функционирует в Украине, значения Z_0 за 2009 г. равен:

$$Z_{0(2009)} = 0,374,$$

что соответствует «очень высокому» или «высокому» уровню банкротства.

Определим уровень банкротства для рассматриваемой компании за 2010 г. Выполним все этапы нечеткого логического вывода по алгоритму

Цукамото, получим $Z_{0(2010)} \approx 0,2896$, что соответствует «очень высокому» или «высокому» уровню банкротства.

Итак, 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.

СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПОДХОДОВ АЛЬТМАНА, НЕДОСЕКИНА, МАМДАНИ, ЦУКАМОТО

Проведем оценку и анализ состояния предприятий на основе финансовых показателей за два года и за год до банкротства с помощью подходов Мамдани и Цукамото. Анализ предприятия будем проводить с помощью разработанной программы, которая реализует все четыре метода диагностики состояний предприятий.

Всего было исследовано те же 52 предприятия, что и в предыдущих экспериментах с использованием классического метода Альтмана и нечетко-множественного метода Недосекина, результаты которых изложены в части 1 данной работы [7]. 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.

Проведем анализ финансового состояния этих же двух групп предприятий [7] помощью подхода Мамдани. В результате анализа предприятий-банкротов за два года до дефолта среди 26 исследуемых предприятий было выявлено 22 предприятия 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 и одно предприятие с «низким» или «очень низким» уровнем риска банкротства (табл. 1).

Таблица 1. Результаты прогноза по модели Мамдани предприятий-банкротов

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

Для второй группы предприятий — «работоспособные», были получены следующие результаты, проанализированные с помощью метода 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 г. 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 предприятия — «высокий» или «очень высокий» уровень риска банкротства (табл. 2).

Таблица 2. Результаты прогноза по модели Мамдани предприятий-небанкротов

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

Проведя анализ финансового состояния тех же предприятий методом Цукамото, были получены следующие результаты (табл. 3–5).

Таблица 3. Результаты прогноза по модели Цукамото предприятий-банкротов

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

Таблица 4. Результаты прогноза по модели Цукамото предприятий-небанкротов

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

Таблица 5. Усредненные показатели точности прогноза о состоянии предприятий по модели Цукамото

Группа	Количество компаний	Прогноз, %	
		Верно	Ошибка
За два года до банкротства	52	87	13
За один год до банкротства	52	88	12
Среднее значение за два года	52	87	13

Как видно из приведенных выше 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 (табл. 6 и рис. 13).

Таблица 6. 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
Мамдани		90,4	9,6
Цукамото		88,5	11,5



Рис. 13. Результаты прогнозирования риска банкротства предприятий-банкротов различными методами

Обобщим полученные результаты для всех исследуемых предприятий, с помощью подходов Альтмана, Недосекина, Мамдани, Цукамото (табл. 7 и рис. 14).

Таблица 7. Результаты прогнозов по Альтману, Недосекину, Мамдани, Цукамото о состоянии исследуемых предприятий

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

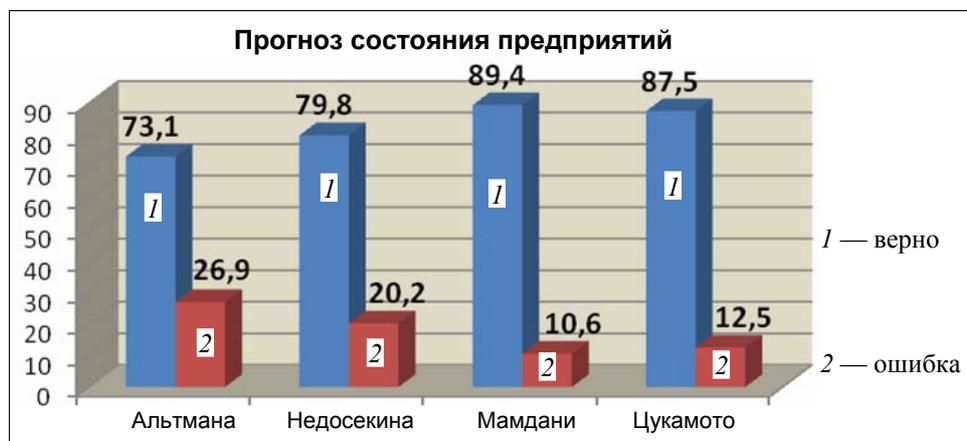


Рис. 14. Анализ прогнозирования состояния предприятий различными методами

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. Ошибки в прогнозировании состояния предприятий были связаны с тем, что прогноз основан на рассматриваемых подходах и не всегда соответствует официальным данным в силу нескольких причин. Во-первых, мы не учитываем еще определенные социальные заинтересованности общества или определенных лиц в ликвидации трудоспособного предприятия (ложное банкротство). Во-вторых, не учитываем заинтересованность в поддержании существования 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.

ВЫВОДЫ

В работе были изложены методы анализа и прогнозирования риска банкротства: классический метод Альтмана, нечетко-множественный метод Недосекина и разработанные авторами методы на основе применения ННС с выводом 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 1 февраля 2011 г. были признаны банкротами по решению суда или согласно решению о прекращении эмитента путем ликвидации по решению высшего органа. Среди 26 платежеспособных

предприятий со «средним» уровнем риска банкротства было признано банкротами четыре, а шесть 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 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Altman E.I.* Corporate Financial Distress. — NY: John Wiley, 1983. — 205 p.
2. *Altman E.I.* Financial Ratios, Discriminant Analysis and the prediction of Corporate Bankruptcy // *Journal of Finance*, September. — 1968. — P. 589–609.
3. *Давыдова Г.В., Беликов А.Ю.* Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // *Управление риском*. — 1999. — № 3. — С. 13–20.
4. *Недосекин А.О., Максимов О.Б., Павлов Г.С.* Анализ риска банкротства предприятия. Метод. указания по курсу «Антикризисное управление». — http://sedok.narod.ru/sc_group.htm.
5. *Згуровский М.З., Зайченко Ю.П.* Модели и методы принятия решений в нечетких условиях. — К.: Наук. думка, 2011. — 275 с.
6. *Зайченко Ю.П.* Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах. — К.: Издат. дом «Слово», 2008. — 344 с.
7. *Згуровский М.З., Зайченко Ю.П.* Комплексный анализ риска банкротства корпораций в условиях неопределенности. Часть 1 // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — 2012. — № 1. — С. 113–128.

Поступила 29.06.2011