

Л.Д. Слепнева, к.э.н., доц.
Г.И. Рыбникова, к.э.н., доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный
технический университет»
Донецк, Донецкая Народная Республика
L.D. Slepneva, G.I. Rybnikova
Donetsk National Technical University
Donetsk, Donetsk People's Republic

ОЦЕНКА ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

EVALUATION OF FINANCIAL CONDITION AND FORECASTING THE RISK OF ENTERPRISE BANKRUPTCY UNDER UNCERTAINTY

Аннотация. В статье проанализированы подходы к анализу финансового состояния и прогнозированию риска банкротства предприятий, основанные на использовании экономико-математического инструментария. Выявлены их положительные и отрицательные стороны с учетом неопределенности рыночной среды, в которой функционирует предприятие. Для условий действующего предприятия построена модель, оценки риска банкротства на основе нечеткой логики.

Ключевые слова: финансовое состояние, банкротство, прогнозирование, неопределенность, дискриминантные модели, нечеткие множества, нечеткая логика

Annotation. The article analyzes approaches to the analysis of the financial condition and forecasting the risk of bankruptcy of enterprises based on the use of economic and mathematical tools. Their positive and negative sides were identified taking into account the uncertainty of the market environment in which the enterprise operates. For the conditions of the existing enterprise, a model has been built, bankruptcy risk assessments based on fuzzy logic.

Keywords: financial condition, bankruptcy, forecasting, uncertainty, discriminant models, fuzzy sets, fuzzy logic

Постановка проблемы. Эффективность работы предприятия во многом определяется состоянием внешней (рыночной) среды, которая, находясь под влиянием множества разнообразных факторов, не поддается контролю со стороны данного предприятия и, тем самым, порождает неопределенность. Действительно, даже если бы можно было учесть одновременное воздействие всех факторов, то реакция рынка была бы непредсказуемой, то есть, неопределенность устранить все равно не удастся. Таким образом, внешние факторы, не управляемые со стороны финансовой системы хозяйствующего субъекта, создают неустранимую неопределенность информационной ситуации, в отношении которой принимаются управленческие решения. Кроме того, неопределенность порождает ограниченные возможности прогнозирования будущих состояний финансовой системы и распознавания ее текущих состояний.

С неопределенностью тесно связан риск неполучения ожидаемого результата. Так, отсутствие четкого знания о будущем финансовой системы и внешнем окружении предприятия порождает риски (возможность финансовых потерь). Соответственно решения в условиях ограниченного знания могут оказаться ошибочными и сопровождаться убытками, что, в свою очередь, может привести предприятие к банкротству. Следовательно, первоочередной задачей управления финансами является анализ финансового состояния и оценка риска банкротства предприятия. Заблаговременное обнаружение признаков возможного банкротства позволит принимать срочные меры по улучшению финансового состояния и снижению уровня риска несостоятельности.

Финансовое состояние, представляя важнейшую характеристику успешности деятельности предприятия, определяет его положение в конкурентной среде, потенциал в деловом сотрудничестве; позволяет оценить степень реализации экономических интересов предприятия и его партнеров бизнесу. Это определяет необходимость проведения анализа финансового состояния предприятий, который, являясь важнейшей функцией управления, даст возможность выявить внутренние проблемы и заблаговременно принять соответствующие меры для их устранения.

Следует подчеркнуть, что эффективное управление финансовым состоянием предприятия позволяет принимать своевременные и адекватные управленческие решения. Однако решения эти приходится принимать в условиях неопределенности и риска, которые порождаются наличием неполной или недостоверной информации, невозможностью однозначного предвидения происходящих событий, что может привести к возникновению кризисной ситуации.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. Исследованию проблем финансового состояния предприятия посвящены работы отечественных и зарубежных ученых: А.Д.Шеремета, Р.С.Сейфулина, Е.В.Негашева, Н.А. Кизима, О.П.Зайцевой, Г.В.Савицкой, Э.Альтмана, У.Бивера, Таффлера, Фулмера, Лиса, Аргенти, И.Т. Балабановой, а также многие другие авторы. Основное внимание ученых направлено на проблемы анализа деятельности предприятия и оценки вероятности банкротства, построение рейтинговых систем. Однако следует отметить, что остаются не до конца решенными вопросы оценки финансового состояния в условиях неопределенности и риска.

Цель статьи – обоснование целесообразности применения метода нечеткой логики для оценки финансового состояния предприятия и прогнозирования риска банкротства в условиях неопределенности.

Основные результаты исследования.

Необходимым условием успешного предотвращения и (при необходимости) преодоления кризисной ситуации является «...наличие эффективной системы корпоративной финансовой диагностики, основу которой составляют методы и модели прогнозирования банкротства» [1]. Степень риска банкротства – комплексный показатель, характеризующий

финансовое состояние и качество управления предприятием, и поэтому диагностика банкротства позволяет получить объективные оценки финансовой устойчивости предприятия.

В настоящее время имеется несколько общепризнанных статистических методов и методик оценки риска банкротства, основанных на многомерном дискриминантном анализе (МДА). (МДА позволяет подобрать показатели, дисперсия которых между группами была бы максимальной, а внутри группы минимальной). К ним относятся такие известные комплексные показатели, как индекс Альтмана, модель Спрингейта, модель Лиса, метод Creditmen, Ж. Депаляна, а также модели, предложенные отечественными учеными и специалистами: Сайфулиным Р.С. и Кадыковым Г.Г., модель R-счета (Иркутского университета), модель Ковалева В.В. и Волкова А.Н., модель Савицкой Г.В., модель Зайцевой А.П.

В основу разработки этих моделей положен метод дискриминантного анализа, который, являясь одним из методов многомерного статистического анализа, позволяет выполнить дискриминацию (разделение) объектов по классам на основе имеющихся представлений об этих классах (это так называемая «классификация при наличии обучающих выборок»).

Применительно к проблеме прогнозирования банкротства класс – это характеристика финансового положения предприятия по шкале: успешно функционирующее или находящееся в кризисном состоянии (на грани банкротства). Результатом применения дискриминантного анализа является построение дискриминантной функции (линейной или нелинейной), которая разграничивает данные классы. С помощью этой функции можно отнести новый объект (предприятие, не участвовавшее в исходных классах (выборках)) к одному из классов. То есть, указанные модели с определенной мерой точности позволяют выполнить классификацию предприятий, относя их к группе потенциальных банкротов или к группе компаний с благоприятным финансовым положением. Использование таких моделей может быть связано со следующими ошибками: 1) когда предприятие-банкрот классифицируется как фирма с благоприятным финансовым положением; 2) когда предприятие с нормальным финансовым состоянием классифицируется как потенциальный банкрот. Последствия такого рода ошибок достаточно серьезные.

В одной из предыдущих авторских работ [2] были выполнены построения, связанные с применением дискриминантных моделей с целью оценки финансового состояния и определения риска банкротства предприятия ОП «Торезский РМЗ». Выводы получились неоднозначными: одни модели констатировали низкую вероятность банкротства, другие – высокую, третьи вообще не позволили сделать выводы (нужен дополнительный анализ).

Аналогичные выводы о применимости рассмотренных моделей сделаны в других исследованиях [3 – 6]. Так, А.В. Матвийчук [4] отмечает, что, кроме всего прочего, коэффициенты подобных дискриминантных моделей резко изменяются из года в год и от страны к стране.

Общими недостатками рассмотренных моделей является: переоценка роли количественных факторов, произвольность выбора системы базовых

количественных показателей, использование показателей, которые дублируют друг друга (например, норма прибыли и рентабельность собственного капитала и др.), коэффициентов, связанных сильной корреляционной зависимостью. Кроме того, такие модели не дают возможность установить причины ухудшения финансового состояния предприятия и обладают высокой чувствительностью к искажению финансовой отчетности.

Для прогнозирования риска банкротства (вероятности банкротства) можно использовать логистические регрессионные модели (logit-модели) вида:

$$r = \frac{e^z}{1 + e^z}, \quad \text{или} \quad r = \frac{1}{1 + e^{-z}},$$

где r – вероятность риска банкротства, которая принимает значение от 0 до 1,
0 – минимальный риск банкротства, 1 – максимальный;
 e – основание натурального логарифма,
 z – функция (обычно, линейная) различных финансовых показателей.

Модели такого типа находят широкое применение при оценке кредитных рисков (например, [7]) и редко используются для оценивания вероятности банкротства. Так, в работе [8] представлена logit-модель, разработанная на основе данных финансовой отчетности предприятий Бразилии, экономика которой, как показано в [9], имеет ряд схожих черт с экономикой России. Эта модель дает вероятность риска банкротства предприятия и имеет вид:

$$r = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

$$z = -5,75x_1 + 0,48x_2 - 0,17x_3 - 1,02x_4 + 0,63x_5,$$

где r – вероятность риска банкротства,
 x_1 – отношение финансового рабочего капитала к выручке,
 x_2 – финансовый леверидж,
 x_3 – коэффициент покрытия
 x_4 – отношение собственного рабочего капитала к выручке,
 x_5 – отношение потребности в рабочем капитале к выручке

Интерпретация коэффициентов logit-модели отличается от модели линейной регрессии. Здесь коэффициенты показывают, насколько изменится вероятность получения значения $z = 1$ при изменении величины независимой переменной (x) на единицу и при неизменных значениях других переменных. Отрицательный знак при коэффициенте регрессии говорит об уменьшении вероятности при увеличении соответствующих переменных, положительный – об увеличении.

В работе В.А. Жданова [10] предложена logit-модель прогнозирования банкротства для условий российских предприятия авиационно-промышленного комплекса различных форм собственности вида:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(4,32 - 1,25x_1 - 0,12x_2 - 0,07x_3 - 0,34x_4 + 2,17x_5)}}$$

где: p – вероятность банкротства предприятия, Количественная оценка риска банкротства

x_1 – коэффициент рентабельности оборотных активов,

x_2 – коэффициент самофинансирования,

x_3 – коэффициент соотношения мобильных и иммобилизованных активов,

x_4 – коэффициент оборачиваемости активов,

x_5 – коэффициент текущей ликвидности.

Для принятия управленческих решений по logit-модели в [10] разработана шкала изменения вероятности риска банкротства. Тестирование данной модели показало перспективность использования такого подхода к определению вероятности банкротства предприятия.

Учитывая, что задача оценки вероятности риска банкротства должна решаться в условиях неопределенности, неполноты исходной информации, для ее решения предлагается использовать адекватный аппарат принятия решений – нечеткие множества. Действительно, неопределенность, сопровождающая финансовые решения, обуславливает риск неправильного толкования исходной информации для принятия решения; и неуверенность ЛПР (лица, принимающего решения) в своих оценках заставляет его прибегать к качественным высказываниям в терминах естественного языка. Нечетко-множественный подход позволяет учесть в финансовой модели предприятия качественные характеристики, которые не имеют точной числовой оценки.

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 нечеткой логики. Этот аппарат представляет альтернативу общепринятым количественным методам. Построение моделей в рамках нечеткого подхода дает возможность сравнивать модели и придавать точный смысл таким понятиям, как «большой», «очень большой», «наиболее предпочтительный», «весьма ожидаемый», «скорее всего» и т.д. Появляется так называемая «лингвистическая переменная» (качественная) со своим терм-множеством значений, а связь количественного значения некоторого фактора с его качественным лингвистическим описанием задается так называемыми функциями принадлежности.

Для условий упомянутого выше предприятия ОП «Торезский РМЗ» авторами был проведен анализ финансового состояния и выполнена оценка уровня риска банкротства с использованием нечеткой логики за тот же период (2015 – 2017 г.г.) в соответствии с алгоритмом, приведенном на рис. 1.

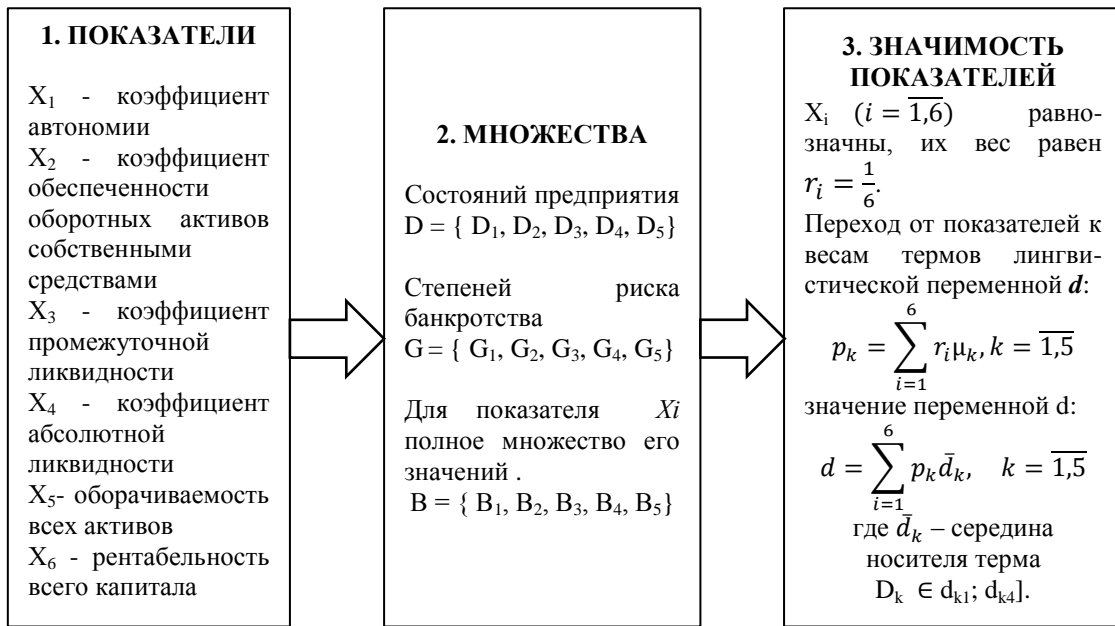


Табл.1. ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПОДМНОЖЕСТВ ТЕРМ-МНОЖЕСТВА D

Терм D_k	Функции принадлежности нечеткого множества D_k
D_1 – "состояние предельного неблагополучия" $D_1 \in [0; 0,25]$	$\mu_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq d \leq 0,15 \\ 10(0,25 - d), & \text{если } 0,15 < d \leq 0,25 \end{cases}$
D_2 – "состояние неблагополучия" $D_2 \in [0,15; 0,45]$	$\mu_2 = \begin{cases} 1 - 10(0,25 - d), & \text{если } 0,15 < d \leq 0,25 \\ 1, & \text{если } 0,25 \leq d \leq 0,35 \\ 10(0,45 - d), & \text{если } 0,35 < d \leq 0,45 \end{cases}$
D_3 – "состояние среднего качества" $D_3 \in [0,35; 0,65]$	$\mu_3 = \begin{cases} 1 - 10(0,45 - d), & \text{если } 0,35 < d \leq 0,45 \\ 1, & \text{если } 0,45 \leq d \leq 0,55 \\ 10(0,65 - d), & \text{если } 0,55 < d \leq 0,65 \end{cases}$
D_4 – "состояние относительного благополучия" $D_4 \in [0,55; 0,85]$	$\mu_4 = \begin{cases} 1 - 10(0,65 - d), & \text{если } 0,55 < d \leq 0,65 \\ 1, & \text{если } 0,65 \leq d \leq 0,75 \\ 10(0,85 - d), & \text{если } 0,75 < d \leq 0,85 \end{cases}$
D_5 – "состояние предельного благополучия" $D_5 \in [0,75; 1,0]$	$\mu_5 = \begin{cases} 1 - 10(0,85 - d), & \text{если } 0,75 \leq d \leq 0,85 \\ 1, & \text{если } 0,85 \leq d \leq 1,0 \end{cases}$

Табл. 2. СООТВЕТСТВИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ «СОСТОЯНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ» И «СТЕПЕНЬ РИСКА БАНКРОТСТВА»

Значение переменной «Состояние предприятия»	Значение переменной «Степень риска банкротства»
Предельное неблагополучие (D_1)	Наивысшая (G_1)
Неблагополучие (D_2)	Высокая (G_2)
Среднее качество (D_3)	Средняя (G_3)
Относительно благополучие (D_4)	Низкая (G_4)
Предельное благополучие (D_5)	Незначительная (G_5)

Рис. 1. Алгоритм нечетко-множественного оценивания риска банкротства (составлен авторами на основе [11-13])

1. Показатели. Мы рассмотрели различные показатели, предлагаемые специалистами для исследования финансового состояния и финансовой безопасности предприятия (см. рис.1). В табл. 3 представлена количественная характеристика этих показателей, вычисленные на основе данных бухгалтерских балансов предприятия ОП «Горезский РМЗ».

Таблица 3 – Значения финансовых показателей предприятия за 2015 – 2017 г.г.

X _i	Значение X _i в период I, II, III		
	2015 (X _{I,i})	2016 (X _{II,i})	2017 (X _{III,i})
X ₁	0,81	0,75	0,78
X ₂	-0,224	-0,476	-0,62
X ₃	0,67	0,42	1,69
X ₄	0,63	0,38	1,61
X ₅	0,0012	0,0011	0,0006
X ₆	0,02	0,015	0,032

2. Множества. Ввели базовые множества и подмножества состояний:
а) полное множество состояний D предприятия; б) полное множество степеней риска банкротства G , соответствующее множеству D ; в) для каждого показателя X_i ввели полное множество его значений B_i .

Ввели лингвистические переменные и нечеткие подмножества, необходимые для проведения оценки состояния предприятия (табл. 4).

Таблица 4 – Терм-множества значений лингвистических переменных

Лингвистическая переменная D «Состояние предприятия»	
D_1	Нечеткое подмножество «состояние предельного неблагоприятия» (фактического банкротства)
D_2	Нечеткое подмножество «состояние неблагоприятия»
D_3	Нечеткое подмножество «состояние среднего качества»
D_4	Нечеткое подмножество «состояние относительного благополучия»
D_5	Нечеткое подмножество «состояние предельного благополучия»
Лингвистическая переменная B_i – уровень значения показателя X_i	
B_1	Нечеткое подмножество «очень низкий уровень показателя X_i »
B_2	Нечеткое подмножество «низкий уровень показателя X_i »
B_3	Нечеткое подмножество «средний уровень показателя X_i »
B_4	Нечеткое подмножество «высокий уровень показателя X_i »
B_5	Нечеткое подмножество «очень высокий уровень показателя X_i »
Лингвистическая переменная G «Риск банкротства предприятия»	
G_1	Нечеткое подмножество "предельный риск банкротства",
G_2	Нечеткое подмножество "степень риска банкротства высокая",
G_3	Нечеткое подмножество "степень риска банкротства средняя",
G_4	Нечеткое подмножество "низкая степень риска банкротства",
G_5	Нечеткое подмножество "риск банкротства незначителен".

Каждому подмножеству соответствует своя функция принадлежности $\mu(X)$. Общеупотребительными функциями в этом случае являются трапециевидные функции принадлежности. Это так называемый

«классификатор значений лингвистических переменных» как критерий разбиения данного множества на нечеткие подмножества. Рассматриваемый классификатор является стандартным пятиуровневым классификатором на 01 – носителе [11 – 13].

3. Значимость показателей – ранжирование по степени их вклада в достижение определенного уровня финансового состояния предприятия, т.е. каждому показателю X_i надо сопоставить его значимость (вес) r_i , необходимый для композиции интегрального показателя.

Поскольку все рассматриваемые показатели одинаковы с точки зрения их вклада в составление информации о системе предпочтений, то считаем, что они обладают равным весом: $r_i = \frac{1}{6}$.

4. Классификация степени риска выполнена на основе стандартного пятиуровневого классификатора (рис.2) значений лингвистических переменных.

Используя опыт различных квалификаций, лингвистическую переменную «Состояние предприятия» задаем набором $\{\mu\}$ (при этом, каждому терму из подмножеств D_1, \dots, D_5 соответствуют свои функции принадлежности $\mu_i(d)$, $i = \overline{1,5}$), которому отвечает пятерка нечетких Т – чисел $\{\beta\}$ вида:

$$\beta_1 = (0; 0; 0,15; 0,25) \quad \beta_2 = (0,15; 0,25; 0,35; 0,45) \quad \beta_3 = (0,35; 0,45; 0,55; 0,65) \\ \beta_4 = (0,55; 0,65; 0,75; 0,85) \quad \beta_5 = (0,75; 0,85; 1,0; 1,0)$$

Отсюда следует, что комплексный показатель финансового состояния предприятия принимает значения от нуля до единицы.

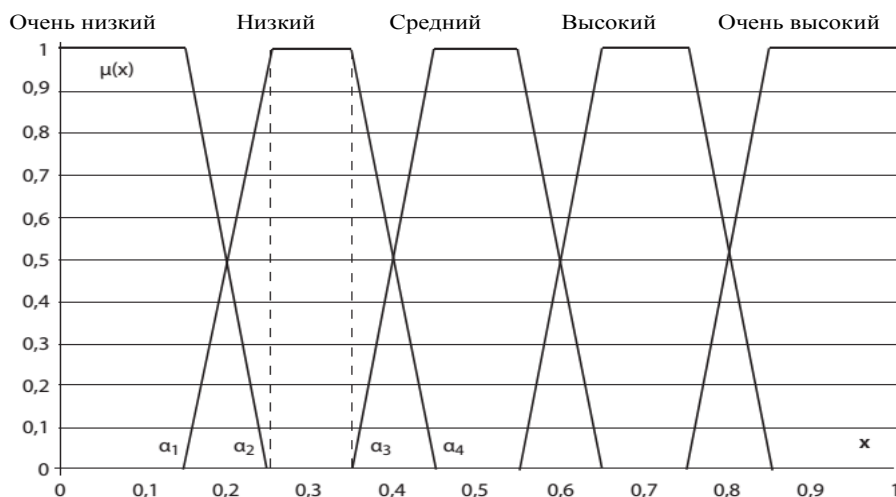


Рис. 2. Трапециевидные функции принадлежности на 01-носителе (функции принадлежности подмножеств терм-множества D)

Трапециевидные функции принадлежности (рис.2) имеют верхнее основание, соответствующее абсолютной уверенности эксперта в правильности своей классификации, и нижнее основание, которое характеризует уверенность в том, что никакие другие значения интервала (0; 1) не попадают в выбранное

нечеткое подмножество. Боковые грани трапеций отражают колебание суждения эксперта относительно принадлежности конкретного отрезка на 01-носителе к тому или иному терму. Создание системы нечетких подмножеств предполагает введение набора узловых точек, которые являются абсциссами середин верхних оснований трапеций классификатора (максимумов соответствующих функций принадлежности). В стандартном пятиуровневом классификаторе 5 симметрично расположенных на (0 – 1) носителе узловых точек: {0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9} (рис. 2).

Таблицу функций принадлежности каждого терма (рис.1, табл.1) составим, используя формулу принадлежности трапециевидного нечеткого числа (Т-числа) $\beta = (a_1, a_2, a_3, a_4)$:

$$\mu_D(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a_1; \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & \text{если } a_1 \leq x < a_2; \\ 1, & \text{если } a_2 \leq x \leq a_3; \\ \frac{x-a_4}{a_3-a_4}, & \text{если } a_3 < x \leq a_4; \\ 0, & \text{если } x > a_4 \end{cases} \quad (1)$$

где a_1 и a_4 – абсциссы нижнего основания, a_2 и a_3 – абсциссы верхнего основания трапеции, задающей $\mu_D(x)$ в области с ненулевой принадлежностью соответствующему нечеткому подмножеству.

Соотношения, определяющие величину функции $\mu_D(x)$ при различных значениях x в (1) построены с использованием известной формулы:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}, \quad (2)$$

где y, x – текущие координаты отрезка, соединяющего точки (x_1, y_1) и (x_2, y_2) .

В интервале $a_1 \leq x < a_2$ (рис. 2) рассмотрим точки с координатами: $(a_1, 0)$; $(a_2, 1)$. Уравнение отрезка, соединяющего эти точки, в соответствии с (2):

$$\frac{y-0}{1-0} = \frac{x-a_1}{a_2-a_1} \quad \Longleftrightarrow \quad y = \frac{x-a_1}{a_2-a_1},$$

где $y = \mu_D$.

Например, используя (2), для точек $(0,15; 1)$ и $(0,25; 0)$ – координат концов отрезка, представляющего боковую сторону трапеции D_1 (рис.2), получим:

$$\frac{y-1}{0-1} = \frac{x-0,15}{0,25-0,15}; \quad 0,1(y-1) = -(x-0,15); \quad 0,1y = 0,1-x+0,15 = 0,25-x;$$

$$y = \frac{0,25 - x}{0,1} = 10(0,25 - x).$$

Окончательно имеем: при $0,15 < d \leq 0,25$ $\mu_1 = 10(0,25 - d)$. Аналогично получены другие значения μ_D в табл.1, рис.1.

В областях определения функций принадлежности исключены интервалы, на которых их значения равны 0.

Значение функции принадлежности будем рассматривать как меру истинности термина D_k . Например, если было установлено, что $d = 0,62$, то не равную нулю функцию принадлежности имеют два термина: D_3 – "состояние среднего качества" и D_4 – "состояние относительного благополучия" (см. табл.1,рис.1)

$$\mu_3(0,62) = 10(0,65 - d) \Big|_{d=0,62} = 0,3$$

и
$$\mu_4(0,62) = 1 - 10(0,65 - d) \Big|_{d=0,62} = 0,7.$$

При такой интерпретации значений функции принадлежности, для $d = 0,62$ определение «состояние относительного благополучия» является «более истинным», чем «состояние среднего качества».

5. Классификация значений показателей.

Определяем систему классификаторов значений показателей X_i следующим образом. Каждый финансовый показатель – числовая переменная и каждая из них может быть интерпретирована как носитель лингвистической переменной, имеющей терм-множество $T(B) = B_{ij}$ ($i = 1, \dots, 6; j = 1, \dots, 5$), где B_{i1} – «очень низкий уровень показателя X_i »; B_{i2} – «низкий уровень показателя X_i »; B_{i3} – «средний уровень показателя X_i »; B_{i4} – «высокий уровень показателя X_i »; B_{i5} – «очень высокий уровень показателя X_i » (см. табл. 4).

Задача описания подмножеств $\{B_{ij}\}$ – это задача формирования соответствующих функций принадлежности $\lambda_{1-5}(x_i)$.

Считаем, что каждая лингвистическая переменная B_{ij} имеет трапециевидную функцию принадлежности. Экспертные оценки всех термов B_{ij} ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6; j = 1, 2, 3, 4, 5$) представлены в табл. 5.

Из данных табл. 5 и формулы (1) следует, что если, например, $X_3 = 0,78$, то есть, величина показателя находится в интервале $0,7 < X_3 < 0,8$, то состояние этого показателя может быть оценено как $B_{32} = (0.5, 0.6, 0.7, 0.8)$ – низкий уровень показателя или как $B_{33} = (0.7, 0.8, 0.9, 1)$ – средний уровень показателя X_3 . При этом оценки истинности:

$$\lambda_{32} = \frac{x - a_4}{a_3 - a_4} = \frac{x - 0,8}{0,7 - 0,8} \Big|_{x=0,78} = \frac{-0,02}{-0,1} = 0,2$$

$$\lambda_{33} = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} = \frac{x - 0,7}{0,8 - 0,7} \Big|_{x=0,78} = \frac{0,08}{0,1} = 0,8.$$

То есть, в большей степени уровень показателя X_3 можно охарактеризовать как средний. (Здесь нечеткие Т-числа $\{\beta\}$ вида: $\beta = (a_1; a_2; a_3; a_4)$. В числе V_{32} 0,7 и 0,8 – это соответственно a_3 и a_4 , а в числе V_{33} 0,7 и 0,8 – это a_1 и a_2 соответственно).

Таблица 5 – Экспертные оценки финансовых показателей предприятия

Показатель	Т-числа для значений лингвистической переменной “Величина параметра”:				
	“очень низкий” V_{i1}	“низкий” V_{i2}	“средний” V_{i3}	“высокий” V_{i4}	“очень высокий” V_{i5}
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, ∞ , ∞)
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, ∞ , ∞)
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, ∞ , ∞)
X_6	($-\infty$, $-\infty$, 0, 0)	(0, 0, 0.006, 0.01)	(0.006, 0.01, 0.06, 0.1)	(0.06, 0.1, 0.225, 0.4)	(0.225, 0.4, ∞ , ∞)

При выбранной системе весов показателей имеет место следующее правило перехода от значений финансовых показателей к весам термов лингвистической переменной d :

$$p_k = \sum_{i=1}^6 r_i \lambda_{ik}, \quad k = \overline{1,5}. \quad (3)$$

Далее получим значение самой переменной d по формуле:

$$d = \sum_{i=1}^6 p_k \bar{d}_k, \quad k = \overline{1,5}. \quad (4)$$

где \bar{d}_k – середина промежутка, являющегося носителем термина $D_k \in (d_{k1}; d_{k4}]$.

С применением формул (3) и (4) вычислили значения функции принадлежности лингвистической переменной $D = \text{«Состояние предприятия»}$ за исследуемый период. Расчет по данным за 2015 год приведен в табл. 6. Аналогично были получены значения рассматриваемой функции принадлежности за 2016 и 2017 годы.

Приведем результаты выполненных в соответствии с приведенным алгоритмом (рис.1) построений.

$$\text{Значения } d_{2015} = 0,467, \quad d_{2016} = 0,408, \quad d_{2017} = 0,562$$

Используя данные табл.1 рис.1, найдем значения функций принадлежности $\mu_k(d)$ для найденных значений d :

1) для $d = 0,467$:

$$\text{при } 0,45 < d \leq 0,55 \quad \mu_3(0,467) = 1;$$

$$\mu_k(0,467) = 0 \quad \text{при } k = 1,2,4,5.$$

Таким образом, в 2015 году предприятие находилось в состоянии $D_3(\mu_3=1)$ – "состояние среднего качества". По табл. 2 рис.1 установили, что степень риска банкротства была (G_3) – средняя (с полной определенностью).

Таблица 6 – Вычисление значений функции принадлежности лингвистической переменной d = “состояние предприятия” за 2015 год

Вес термина p_k лингвистической переменной d	Множество носитель k -го термина лингвистической переменной d	Середина промежутка D_k , \bar{d}_k	$d_k = p_k \bar{d}_k$
$p_1 = \sum_{i=1}^6 r_i \lambda_{i1} = \frac{1}{6}(\lambda_{51} + \lambda_{51}) = \frac{2}{6} \approx 0.333$	$D_1 \in [0; 0,25]$	0,125	0,0416
$p_2 = \sum_{i=1}^6 r_i \lambda_{i2} = \frac{1}{6} \lambda_{32} = \frac{1}{6} \approx 0.16667$	$D_2 \in [0,15; 0,45]$	0,3	0,05
$p_3 = \sum_{i=1}^6 r_i \lambda_{i3} = \frac{1}{6} \lambda_{63} = \frac{1}{6} \approx 0.16667$	$D_3 \in [0,35; 0,65]$	0,5	0,0833
$p_4 = \sum_{i=1}^6 r_i \lambda_{i4} = 0$	$D_4 \in [0,55; 0,85]$	0,7	0
$p_5 = \sum_{i=1}^6 r_i \lambda_{i5} = \frac{1}{6}(\lambda_{15} + \lambda_{45}) = \frac{2}{6} \approx 0.33333$	$D_5 \in [0,75; 1,0]$	0,875	0,2917
$d = \sum_{k=1}^5 d_k = 0,467$			

2) для $d = 0,408$:

$$\text{при } 0,35 < d \leq 0,45 \quad \mu_2(0,408) = 10(0,45 - d) = 10(0,45 - 0,408) = 0,42;$$

$$\text{при } 0,35 < d \leq 0,45 \quad \mu_3(0,408) = 1 - 10(0,45 - d) = 1 - 10(0,45 - 0,408) = 1 - 0,42 = 0,58;$$

$$\mu_k(0,408) = 0 \quad \text{при } k = 1,4,5.$$

Итак, в 2016 году предприятие находилось в состоянии $D_2(\mu_2 = 0,42)$ – "состояние неблагоприятия", или $D_3(\mu_3 = 0,58)$ – "состояние среднего качества". По табл. 2 рис1 установили, что степень риска банкротства была (G_2) – высокая или средняя (G_3) (в большей степени).

3) для $d = 0,562$:

$D_3 \in [0,35; 0,65]$ – "состояние среднего качества", $D_4 \in [0,55; 0,85]$ – "состояние относительного благополучия".

$$\text{при } 0,55 < d \leq 0,65 \quad \mu_3(0,562) = 10(0,65 - d) = 10(0,65 - 0,562) = 0,88;$$

$$\text{при } 0,55 < d \leq 0,65 \quad \mu_4(0,562) = 1 - 10(0,65 - d) = 1 - 10(0,65 - 0,562) = 1 - 0,88 = 0,12$$

$$\mu_k(0,562) = 0 \quad \text{при } k = 1,2,5.$$

То есть, в 2017 году предприятие находилось в состоянии $D_3(\mu_3 = 0,88)$ – "состояние среднего качества" и в состоянии $D_4(\mu_4 = 0,12)$ – "состояние относительного благополучия". По табл. 2 рис.1 установили, что степень риска G_3 – средняя (преобладает) и G_4 – низкая.

Анализ показал, что финансовое состояние исследуемого предприятия в 2016 году по сравнению с предыдущим годом ухудшилось, но затем, в 2017 году, улучшилось и даже превзошло уровень 2015 года. Степень риска банкротства из средней перешла в низкую.

Таким образом, оценка риска банкротства предприятия с использованием модели лингвистической переменной позволяет эффективно оценивать его состояние, выявлять негативные тенденции, принимать по их устранению управленческие решения. Алгоритм может применяться для любых предприятий с учетом особенностей их деятельности. Его эффективность зависит от качества экспертизы оценок финансовых показателей.

Аналогичные результаты были получены при построении интегрального показателя риска банкротства на основе применения разработанной специалистами консультационной группы "Воронов и Максимов" методики определения комплексного показателя финансового состояния V&M [12].

Суть методики состоит в следующем.

1. Определить функцию, связывающую набор финансовых показателей $\{X\}$ с комплексным показателем V&M. По мере получения количественных значений V&M и на основании функций $\{\mu\}$ конструируется утверждение:

«Текущее состояние предприятия»

D_1 – предельно неблагоприятно с уровнем соответствия μ_1 (V&M);

D_2 – неблагоприятно с уровнем соответствия μ_2 (V&M);

D_3 – среднего качества с уровнем соответствия μ_3 (V&M);

D_4 – относительно благоприятно с уровнем соответствия μ_4 (V&M);

D_5 – предельно благоприятно с уровнем соответствия μ_5 (V&M).

2. Определить, улучшилось или ухудшилось положение предприятия за период II по сравнению с периодом I:

если $V_{II} > V_I$, то состояние улучшилось,

если $V_{II} < V_I$, то состояние ухудшилось.

Качественно положительная или отрицательная динамика предприятия распознается с анализом изменений значений $\{\mu\}$: переместился ли максимум $\{\mu\}$ из подмножества в подмножество, и если да, то в каком направлении.

3. Распознавание текущего состояния предприятия. (Правило для распознавания состояния предприятия имеет вид табл. 7, в соответствии с результатом распознавания оценивается степень риска банкротства предприятия). Оценить риск банкротства по значению показателей V&M с использованием табл.7. С ростом значений показателя V&M риск банкротства снижается, и наоборот.

Выполнив необходимые расчеты, получили для исследуемого предприятия следующие результаты:

значение комплексного показателя V для трех периодов анализа:

$$V\&M^{2015} = 0,467, \quad V\&M^{2016} = 0,392, \quad V\&M^{2017} = 0,571.$$

Таблица 7 – Правило распознавания финансового состояния предприятия

Интервал значений d	Классификация уровня параметра	Степень уверенности (функция принадлежности)
$0 \leq V\&M \leq 0,15$	«предельное неблагополучие» D_1	$1 = \mu_1$
$0,15 < V\&M < 0,25$	«предельное неблагополучие» D_1	$\mu_1 = 10 \times (0,25 - V\&M)$
	«неблагополучие» D_2	$1 - \mu_1 = \mu_2$
$0,25 \leq V\&M \leq 0,35$	«неблагополучие» D_2	$1 = \mu_2$
$0,35 < V\&M < 0,45$	«неблагополучие» D_2	$\mu_2 = 10 \times (0,45 - V\&M)$
	«среднего качества» D_3	$1 - \mu_2 = \mu_3$
$0,45 \leq V\&M \leq 0,55$	«среднего качества» D_3	$1 = \mu_3$
$0,55 < V\&M < 0,65$	«среднего качества» D_3	$\mu_3 = 10 \times (0,65 - V\&M)$
	«относительное благополучие» D_4	$1 - \mu_3 = \mu_4$
$0,65 \leq V\&M \leq 0,75$	«относительное благополучие» D_4	$1 = \mu_4$
$0,75 < V\&M < 0,85$	«относительное благополучие» D_4	$\mu_4 = 10 \times (0,85 - V\&M)$
	«предельное благополучие» D_5	$1 - \mu_4 = \mu_5$
$0,85 \leq V\&M \leq 1,0$	«предельное благополучие» D_5	$1 = \mu_5$

Итак,

$$V\&M^{2016} = 0,392 < V\&M^{2015} = 0,467;$$

$$V\&M^{2017} = 0,571 > V\&M^{2015} = 0,467;$$

$$V\&M^{2017} = 0,571 > V\&M^{2016} = 0,392,$$

откуда заключаем, что 2016 году произошло некоторое ухудшение состояния предприятия по сравнению с предшествующим годом, но уже в 2017 году состояние улучшилось, а значит, и уровень риска банкротства понизился.

Важную информацию для принятия решений получаем из составленной в процессе исследования табл. 8.

Из табл. 7 видно, что качественное падение оборачиваемости (X_5) и обеспеченности оборотных активов собственными средствами (X_2) перекрыто качественным ростом коэффициента автономии (X_1), коэффициента промежуточной ликвидности (X_3) и коэффициента абсолютной ликвидности (X_4).

Распознавание состояния предприятия по табл. 7 дало такие же результаты, как и полученные ранее:

в 2014 году состояние признается «среднего качества (D_3)» (поскольку $V\&M^I = 0,467 \in (0,45 \div 0,55)$ с $\mu_3 = 1$), а степень риска банкротства (в соответствии с табл. 2, рис.1) – средняя (G_3);

в 2015 году $V\&M^{II} = 0,392 \in (0,35 \div 0,45)$ с $\mu_2 = 10 \times (0,45 - 0,392) = 0,58$ и $\mu_3 = 1 - \mu_2 = 1 - 0,58 = 0,42$.

То есть, принадлежность к категории «среднее качество (D_3)» определяется величиной $\mu_3 = 0,42$, тогда как к категории «неблагополучие (D_2)» с $\mu_2 = 0,58$. Следовательно, состояние предприятия распознается с небольшим перевесом как неблагополучное и с меньшей степенью (на 16 %) как состояние среднего качества.

В 2017 году $V\&M^{III} = 0,571 \in (0,55 \div 0,65)$ с $\mu_3 = 10 \times (0,65 - 0,571) = 0,79$ и $\mu_4 = 1 - \mu_3 = 1 - 0,79 = 0,21$. То есть, принадлежность к категории «среднее качество (D_3)» определяется величиной $\mu_3 = 0,79$, тогда как к

категории «относительное благополучие D_4 » с $\mu_4 = 0,21$, следовательно, состояние предприятия распознается с меньшей степенью соответствия (в 21%) как относительно благополучное и с большей степенью (79%) как состояние среднего качества.

Таблица 8 – Классификация уровней финансовых показателей ОП «Горезский РМЗ». (Значения $\{\lambda\}$ и $Y_k^{I,II,III}$)

Шифр показателя	“очень низкий” λ_{i1}	“низкий” λ_{i2}	“средний” λ_{i3}	“высокий” λ_{i4}	“очень высокий” λ_{i5}
	2015 год				
X1	0	0	0	0	1
X2	1	0	0	0	0
X3	0	1	0	0	0
X4	0	0	0	0	1
X5	1	0	0	0	0
X6	0	0	1	0	0
Y_k^I	0.333	0.167	0.167	0	0.333
2016 год					
X1	0	0	0	0	1
X2	1	0	0	0	0
X3	1	0	0	0	0
X4	0	0	0	1	0
X5	1	0	0	0	0
X6	0	0	1	0	0
Y_k^{II}	0.5	0	0.167	0.167	0.167
2017 год					
X1	0	0	0	0	1
X2	1	0	0	0	0
X3	0	0	0	0	1
X4	0	0	0	0	1
X5	1	0	0	0	0
X6	0	0	1	0	0
Y_k^{III}	0.333	0	0.167	0	0.5

Степень риска банкротства (табл. 2, рис.1): в 2015 году она однозначно признается средней, в 2016 году – оценочно колеблется между высокой и средней, а в 2017 году – между средней и низкой, в большей степени склоняясь к средней.

Таким образом, банкротство пока предприятию не угрожает, т.к. существуют способы погашать свои обязательства за счет продажи активов, а также привлекать новые заемные средства под залог необремененных активов.

Выводы. Выполненные в настоящей работе исследования показали несомненную эффективность использования в целях анализа финансового состояния и угрозы банкротства предприятия методов нечеткой логики. Преимущества названного подхода для решения задач анализа и принятия решений в условиях действующего предприятия вытекает из возможности

аппарата нечеткого моделирования описывать качественные характеристики, которые нельзя или сложно определить количественными методами. Это позволяет делать экономические прогнозы в условиях неопределенности, которые сопровождают функционирование предприятия.

Список литературы

1. Львова, Н.А. Финансовая диагностика предприятия [Электронный ресурс] : монография / ред.: В.В. Иванов, Н.А. Львова. – М. : Проспект, 2015 . – 301 с. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/633010>.
2. Слепнева Л.Д. Эконометрическое моделирование как инструмент обеспечения финансовой безопасности предприятия //Л.Д. Слепнева, Г.И. Рыбникова – Электронный научно-практический журнал «СИНЕРГИЯ» 2018. № 4 (18). – Воронеж: Изд.: АНООВО «Воронежский экономико-правовой институт», 2018. – 79с. – С.20-26. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36648722>
3. А. В. Матвійчук. Обґрунтування вибору наукової спрямованості журналу (вступне слово головного редактора) / А. В. Матвійчук // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. – 2012. – № 1. – С. 7-36. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nntm_2012_1_4.
4. Матвійчук А.В. Моделювання та аналіз економічних систем на підґрунті теорії нечіткої логіки. Автореф. дис. на здоб. наук. ступ. доктора економічн. наук / А.В. Матвійчук. - Київ – 2007. – 36 с.
5. Матвійчук А. В. Диагностика банкротства предприятий в условиях трансформационной экономики // Экономическая наука современной России. – 2008. – № 4 (40). – С. 90 –104.
6. Терещенко О. О. Дискримінантна модель інтегральної оцінки фінансового стану підприємства // Економіка України. – 2003. – № 8. – С. 38–45.
7. Слепнева Л.Д. Использование инструментария Data mining в управлении кредитными рисками / Л.Д. Слепнева, В.Б. Кривоберец // Економіка промисловості. – Донецьк: ІЕП НАН України, 2013, № 1-2 (61-62), с. 303 – 312.
8. Minussi J., Soopramainien D., Worthington D. “Statistical modeling to predict corporate default for Brazilian companies in the context of Basel II using a new set of financial ratios” The Department of Management Science Lancaster University Management School, Lancaster LA1 4YX UK, 2007.
9. Жданов В.Ю. Диагностика риска банкротства предприятия в трехмерном пространстве // научный журнал «Управление экономическими системами». – 2011. – №8.
10. Жданов В.А. Диагностика риска банкротства промышленных предприятий (на примере предприятий авиационно-промышленного комплекса). Автореф. дисс.на соиск. уч. степ. кандидата экон. наук / А. О. Недосекин. – М., 2012. – 24 с.
11. Недосекин, А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. – 2000. – № 2. URL:<http://www.cfin.ru>
12. Недосекин, А. О. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин, О. Б. Максимов. – 1999. URL: <http://www.vmgroupp.sp.ru>
13. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний. Дисс. на соиск. уч. степ. доктора экон. наук: спец. 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики» / А.О.Недосекин. – С/Пб., 2003. – 280 с.