

DOI 10.37882/2223-2966.2022.02.27

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИЙ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

MODELING OF FINANCIAL STABILITY OF ENTERPRISES USING THE THEORY OF FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORKS

S. Pavlova

Summary. The article discusses the features of using intelligent methods for modeling and forecasting economic processes. In particular, a methodical approach has been developed for analyzing the financial stability of an enterprise, which is based on the theory of fuzzy logic and neural networks, and provides a high level of adequacy of the formalization of expert knowledge about the impact of various indicators on the financial condition of a business entity.

Keywords: fuzzy logic, enterprise, modeling, financial stability.

Павлова Светлана Анатольевна

*К.т.н., доцент, Академия права и управления
Федеральной службы исполнения наказаний, Рязань
pavlovhome23@rambler.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности использования интеллектуальных методов для моделирования и прогнозирования экономических процессов. В частности, разработан методический подход, позволяющий проводить анализ финансовой устойчивости предприятия, который базируется на теории нечеткой логики и нейронных сетей. Этот подход обеспечивает высокий уровень адекватности формализации экспертных знаний о влиянии различных показателей на финансовое состояние субъекта хозяйствования.

Ключевые слова: нечёткая логика, предприятие, моделирование, финансовая устойчивость.

Современный этап развития экономических систем характеризуется сложными трансформационными процессами. С учетом последствий мирового финансового кризиса и перманентно возникающих локальных экономических потрясений ежегодно значительно увеличивается общее количество предприятий-банкротов. Сегодня практически каждое второе предприятие работает с убытками, и потому острый риск неплатежеспособности существует для очень большого количества хозяйствующих субъектов [1].

В свете выше обозначенных фактов особую значимость приобретают профессиональные навыки по управлению финансами и составлению прогнозов развития ключевых финансовых показателей работы предприятий в будущем. Для этого, в контексте быстрого развития экономики и ее стремительной цифровизации, необходимо разрабатывать новые модели, механизмы, программы и подходы, которые позволят принимать во внимание как можно больше факторов влияния, а также учитывать неопределённость внешней среды. Такие модели должны рассматривать экономику предприятия и его финансовое состояние в большем массиве постоянно меняющейся информации через призму широкого спектра детерминант воздействия различной природы.

На сегодняшний день уже существует определенный положительный опыт экономико-математического

моделирования финансового состояния и финансовой устойчивости предприятий. Однако практически все известные методики финансового анализа рассматривают лишь количественные характеристики [2]. Существенным образом улучшить подход к моделированию финансовой устойчивости можно благодаря анализу не только количественных, но и также и качественных индикаторов, которые оцениваются в перманентном процессе их изменений.

Среди методов, позволяющих решить эту актуальную научно-практическую задачу особый акцент необходимо сделать на подходах, которые базируются на теории нечетких множеств и нечеткой логике Л. Заде [3]. Они дают возможность в процессе анализа использовать факторы любой природы (количественные, качественные, нормативные, логические и др.), а также получить адекватные результаты и на их основе формировать соответствующие выводы для принятия управленческих решений.

Однако, несмотря на широкую популярность и активное использование нейросетевых моделей, их применение для решения задач прогнозирования экономических явлений и процессов, а также моделирования финансовых показателей носит эпизодический характер.

Обозначенные обстоятельства определяют выбор темы данной статьи, а также подтверждают ее

| Обозначение | Наименование | Методика расчета |
|-------------|---|---|
| X_1 | Мобильность активов | Оборотные/Внеоборотные активы |
| X_2 | Оборачиваемость кредиторской задолженности | Чистый доход от реализации / Текущие обязательства |
| X_3 | Оборачиваемость собственного капитала | Чистый доход от реализации/собственный капитал |
| X_4 | Окупаемость активов | Баланс/Чистый доход от реализации |
| X_5 | Обеспеченность собственными оборотными средствами | (Оборотные активы-текущие обязательства)/оборотные активы |
| X_6 | Концентрации привлеченного капитала | (Долгосрочные обязательства + Текущие обязательства)/ Баланс |
| X_7 | Покрытие долгов собственным капиталом | Собственный капитал/ (Обеспечение последующих затрат и платежей + Долгосрочные обязательства + Текущие обязательства) |

Рис. 1. Набор показателей для оценки финансовой устойчивости предприятия

значимость как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Проблемы финансовой устойчивости и факторы, ее определяющие, постоянно находятся в области научных исследований как отечественных, так и иностранных ученых.

Теоретические основы и практические методы анализа финансовой устойчивости субъектов хозяйствования отражены в работах Старковой М.М., Клоничкой А.Ю., Пешковой Е.П., Устинченко О.А., Philip Bunn, Victoria Redwood, Jae Lee M., Jang S., Bunn P., Redwood V.

Перспективы использования аппарата нечеткой логики в экономике раскрывают в своих трудах Kashani, S.H.; Simos, T.E.; Low, Kevin Lock-Teng; Poon, Wai-Ching; Соловьев Д.Б., Ковальчук К.Э., Вилков В.Б., Плотников В.А.

Различные подходы к разработке методики моделирования финансового состояния предприятия путём применения математического аппарата теорий систем и нечетких множеств разрабатываются Ломакиным Н.И., Радионовой Е.А., Горбуновой А.В., Зарудневой А.Ю., Kiefer, R.; Alvarez, C.; Hamza, M.

В то же время, несмотря на весомые научные исследования и широкий интерес к рассматриваемой проблематике, в настоящее время остается еще ряд нерешенных проблемных аспектов. В частности, не раз-

работана универсальная система оценки финансовой устойчивости предприятия, как и нет единого подхода к толкованию этого понятия. Кроме того, отсутствует согласованное мнение относительно того, какие из алгоритмов нечеткого моделирования наилучшим образом подходят для анализа финансовых показателей.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, цель статьи заключается в рассмотрении особенностей использования теории нечеткой логики и нейронных сетей для моделирования финансовой устойчивости предприятий.

Нечеткие множества в структуре моделирования финансового состояния предприятия, в целом, и его отдельных показателей, в частности, появляются в связи с отсутствием уверенности у эксперта в ходе интерпретации определённых явлений и процессов, а также в случае необходимости формулировки выводов на основе сочетания количественных и качественных показателей [4].

Итак, представим авторский методологический подход к моделированию финансовой устойчивости предприятия на основе теории нечеткой логики.

Этап 1. Выбор показателей

На данном этапе формируется набор независимых индикаторов $X_i, i = \overline{1, N}$. Эти показатели позволяют прове-

сти всесторонний анализ финансового состояния предприятия и его финансовой деятельности в целом. Примерный набор критериев устойчивости финансового положения субъекта хозяйствования представлен на рис. 1.

Этап 2. Определение лингвистических переменных

Чтобы создать базу знаний используем три термина для каждого выбранного показателя. В этом случае для оценки индикаторов $X_i, i = \overline{1, N}$, которые отображены на рис. 1, принимается единая шкала из 3 качественных термов: H — низкий уровень показателя X_i , C — средний уровень показателя X_i , B — высокий уровень показателя X_i .

Чтобы оценить результирующую лингвистическую переменную L , которая будет охватывать все множество уровней риска потери предприятием своей финансовой устойчивости, используем такие термы: H — низкая вероятность потери устойчивости, C — средний риск потери устойчивости, B — высокая вероятность финансовых проблем у предприятия.

В разрабатываемой модели в качестве универсальных множеств для термов лингвистических переменных примем диапазоны возможных значений соответствующих показателей финансовой устойчивости, а для формализации термов входных лингвистических переменных X_i и выходной лингвистической переменной L будем использовать гауссовские функции такого вида:

$$\mu^{a_j}(x_i) = \exp\left[-\frac{(x_i - g_{a_j})^2}{2h_{a_j}^2}\right], \mu^{b_j}(y) = \exp\left[-\frac{(y - g_{b_j})^2}{2h_{b_j}^2}\right],$$

где a_j — j -ый терм переменной $x_i, i = 1, \dots, 7, j = 1, 2, 3$;

- g_{a_i} — координата максимума функции $\mu^{a_j}(x_i)$;
- h_{a_i} — коэффициент сжатия-растяжения функции $\mu^{a_j}(x_i)$;
- b_j — j -ый терм переменной $y, i = 1, \dots, 7$;
- g_{b_j} — координата максимума функции $\mu^{b_j}(y)$;
- h_{b_j} — коэффициент сжатия-растяжения функции $\mu^{b_j}(y)$.

Этап 3. Построение функций принадлежности

Этот этап предполагает построение функции принадлежности нечетких термов $\{H, C, B\}$ для входных

параметров X_i , а также функции принадлежности нечетких термов результирующей переменной L .

Прежде всего формализуется возможный диапазон изменения входящих переменных $X_i, i = 1, N$ и результирующего показателя L . После этого выбирается конкретный вид функций принадлежности нечетких термов для всех переменных. В рамках проводимого исследования были выбраны две сигмоидные и одна десигмоидная функции. Сигмоидная функция открыта на конце, поэтому она подходит для термов H и B . Десигмоидная функция закрыта, поэтому подходит для термина C .

Любую функцию принадлежности нечетких термов как входящих $X_i, i = 1, N$, показателей, так и наблюдаемой результирующей переменной, в аналитическом виде можно записать следующим образом:

$$\mu^T(X) = \frac{1}{1 + \left(\frac{X - b_T}{c_T}\right)^2}$$

где c — коэффициент концентрации-растяжения функции;

b — координата максимума функции ($\mu(b) = 1$);

T — лингвистический терм из множества $\{H, C, B\}$.

Этап 4. Формирование набора правил

На данном этапе создается нечеткая база знаний, которая является совокупностью нечетких экспертно-лингвистических правил, что в результате позволяет получить нечеткое логическое заключение относительно определения уровня финансовой устойчивости предприятия. Формирование набора правил должно выполняться при условии: правила не должны пересекаться и дублироваться [5].

Нечеткой базой знаний о влиянии входных переменных $X_i, i = 1, n$ на выходную переменную y называют совокупность логических высказываний следующего типа:

$$\begin{aligned} &\text{если } (x_1 = a_1^{j1}) \text{ и } (x_2 = a_2^{j1}) \text{ и } \dots \text{ и } (x_n = a_n^{j1}) \\ &\text{или } (x_1 = a_1^{j2}) \text{ и } (x_2 = a_2^{j2}) \text{ и } \dots \text{ и } (x_n = a_n^{j2}) \\ &\text{или } \dots \\ &\text{или } (x_1 = a_1^{jkj}) \text{ и } (x_2 = a_2^{jkj}) \text{ и } \dots \text{ и } (x_n = a_n^{jkj}) \\ &\text{то } y = b_j, j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

где a_i^{jp} — лингвистический терм, которым оценивается входная переменная X_i в строке $p_j, p = 1, \dots, k_j$;

k_j — количество строк-конъюнкций, в которых исходная переменная y оценивается лингвистическим термом b_j ;

m — количество лингвистических термов, используемых для оценки исходной переменной y .

Для удобства нечеткую базу знаний часто представляют в виде таблицы (матрицы знаний размерности $(n+1)*N$, где $n+1$ — количество столбцов, а N — количество строк. Первые n столбцов матрицы знаний соответствуют входным переменным X_i , $i = 1, n$, а последний столбец $n+1$ — выходной переменной y .

Этап 5. Обучение модели

Этот этап необходим для того, чтобы настроить модель на показателях других предприятий с использованием одного из алгоритмов обучения. Например, это может быть алгоритм обучения с учителем.

При обучении с учителем цель заключается в настройке параметров нейронной сети, так, чтобы различие между ее реакцией и соответствующим эталонным значением из обучающего множества было как можно меньше. На практике это сводится к минимизации так называемой функции ошибки параметров нейронной сети:

$$E(P) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (out_i^{last}(P) - t \ arg \ et_i^t)^2$$

где, $t \ arg \ et_i^t$ — i -я компонента эталонного вектора $t \ arg \ et^t$;

$out_i^{last}(P)$ — реакция i -го нейрона в последнем слое нейронной сети;

$P=(W, Q)$ — параметры, являющиеся множеством W весов семантических связей в нейронной сети и множеством Q пороговых уровней реакции нейронов.

Этап 6. Дефазификация, т.е. преобразование полученного нечеткого множества \tilde{y} в четкое значение y . Дефазификация производится по следующей формуле:

$$y = \frac{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y \cdot \mu^{\tilde{y}}(y) dy}{\int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu^{\tilde{y}}(y) dy} = \frac{\int_0^{100} y \cdot \mu^{\tilde{y}}(y) dy}{\int_0^{100} \mu^{\tilde{y}}(y) dy}$$

Очевидно, что использование приведенного алгоритма для «ручного» анализа финансовой устойчивости предприятия является достаточно затруднительной и затратной задачей, поэтому представляется целесообразным его реализовать в программно-аппаратном виде с использованием определенного языка программирования или применять для расчетов специализированные математические пакеты.

Резюмируя результаты проведенного исследования, можно отметить, что в статье описан разработанный автором методический подход, который может использоваться для анализа состояния и прогнозирования динамики изменения финансовой устойчивости предприятия. Основу методического подхода составляет теория нечетких множеств, благодаря этому представляется возможным в процессе анализа использовать количественные и качественные показатели, что в результате позволяет достигнуть высокой адекватности и достоверности полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотов Р.О. О применении нейронных сетей для оценки финансовой устойчивости компаний // Russian Journal of Management. 2020. Т. 8. № 1. С. 106–110.
2. Горбатков С.А., Фархиева С.А. Метод структурного синтеза нейросети, интегрированный с квазибайесовской регуляризацией нейросетевой динамической модели банкротств // Экономика и предпринимательство. 2020. № 8 (121). С. 952–958.
3. Ефанова Н.В., Ващенко В.Р. Использование методов нечеткой логики в оценке финансовой устойчивости предприятия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 206–212.
4. Marković, Dušan Soft computing prediction of economic growth based in science and technology factors // Physica A. 2017. Volume 465; pp 217–220.
5. Hernandez-Aguila, Amaury Using Fuzzy Inference Systems for the Creation of Forex Market Predictive Models // IEEE access: practical innovations, open solutions. 2021. Volume 9; pp 69391–69404.

© Павлова Светлана Анатольевна (pavlovhome23@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»