

ДИАГНОСТИКА БАНКРОТСТВА ПРИ НЕЧЕТКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

БАЧКИР И. Г.

УДК 658.016.8

Бачкир И. Г. Диагностика банкротства при нечетких исходных данных

В статье рассмотрена методика расчета уровня риска банкротства с использованием нечетких значений контролируемых параметров финансового состояния. Заключение производится на основе расчета значений регрессионного полинома, коэффициенты которого отыскиваются методом попарных сравнений.

Ключевые слова: диагностика банкротства, аппарат нечетких множеств, экспертные системы, регрессионный механизм логического вывода. **Формул:** 7. **Библ.:** 3.

Бачкир Ирина Геннадиевна – аспирантка, кафедра менеджмента, Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского (ул. Первомайская, 20, Кременчуг, 39600, Украина)

E-mail: i.bachkir@gmail.com

УДК 658.016.8

UDC 658.016.8

Бачкір І. Г. Діагностика банкрутства при нечітких вихідних даних

У статті розглянуто методику розрахунку ризику банкрутства з використанням нечітких значень контролюючих параметрів фінансового стану. Висновок робиться на основі розрахунку значень регресійного полінома, коефіцієнти якого відшукуються методом попарних порівнянь.

Ключові слова: діагностика банкрутства, апарат нечітких множин, експертні системи, регресійний механізм логічного висновку.

Формул: 7. **Бібл.:** 3.

Бачкір Ірина Геннадіївна – аспірантка, кафедра менеджменту, Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського (вул. Першотравнева, 20, Кременчук, 39600, Україна)

E-mail: i.bachkir@gmail.com

Bachkir I. G. Diagnosis of Bankruptcy in Fuzzy Raw Data

The article describes the method of calculation bankruptcy risk level using fuzzy values of controlled parameters financial condition. The conclusion is based on the calculation of the regression polynomial values, coefficients of which founded by the method of pair comparisons.

Key words: diagnosis of bankruptcy, the unit fuzzy sets, expert systems, regression inferential mechanism

Formulae: 7. **Bibl.:** 3.

Bachkir Irina G. – Postgraduate Student, Department of Management, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine)

E-mail: i.bachkir@gmail.com

Задачи диагностики банкротства относятся к классу задач оценки состояния объектов любой природы. Такие задачи возникают и решаются в технике (например, оценка технического состояния), в медицине (постановка диагноза), в социологии, экономике и многих других областях человеческой деятельности. Как известно, общая задача оценки состояния состоит из двух независимых подзадач: выбор множества информативных признаков, характеризующих состояние объекта диагностики, и обоснование решающего правила идентификации состояния. В конкретной задаче диагностики банкротства информационную базу составляют показатели финансовой отчетности. Эти показатели классифицированы и сгруппированы в соответствии с их экономическим содержанием. В известных методиках диагностики банкротства используются различные наборы, составленные из этих показателей. Например, в модели Альтмана (Z-счет) этот набор состоит из показателей:

X_1 – собственный оборотный капитал / сумма активов;

X_2 – не инвестированная прибыль / сумма активов;

X_3 – прибыль до уплаты процентов / сумма активов;

X_4 – рыночная стоимость собственного капитала / стоимость заемного капитала;

X_5 – объем продаж / сумма активов.

Выбор того или иного набора показателей, как правило, никак не обосновывается и степень целесообразности их использования проверяется экспериментально при решении задач диагностики предприятий на

конкретном материале. В значительной степени более проблемной является задача выбора и обоснования решающего диагностического правила. В последнее время у специалистов сложилось четкое понимание, что информация о финансовом состоянии, содержащаяся в отчетных документах, не является абсолютно достоверной. Поэтому задача диагностики банкротства должна решаться в условиях неопределенности. Естественный подход к решению подобных задач – использование математического аппарата нечетких множеств [1].

Общие принципы использования аппарата теории нечетких множеств для решения задачи диагностики банкротства состоят в следующем.

Совокупность контролируемых показателей состояния фирмы образует набор лингвистических переменных, каждая из которых имеет своё терм-множество значений. Например, уровень коэффициента финансовой независимости x_1 , равный отношению объема собственного капитала к объему всех хозяйственных средств, может иметь следующее терм-множество значений: низкий, средний, высокий. Множество возможных значений этой лингвистической переменной нормировано и принадлежит интервалу $[0, 1]$.

Далее для каждого возможного значения каждой переменной необходимо иметь возможность определить степень уверенности в том, что лингвистическая переменная с этим своим значением принадлежит тому или иному элементу терм-множества. С этой целью вводится соответствующий набор функций принадлеж-

ности. Функция принадлежности – это выпуклая вверх неотрицательная функция, определенная на множестве возможных значений переменной. Аналитическое описание этих функций может быть различным. На практике часто используют функции принадлежности колоколообразной формы. Во многих случаях более естественно задавать эти функции на каком-либо конечном интервале. При этом обычно используют треугольные функции принадлежности. С использованием этих функций принадлежности формулируются продукционные правила, устанавливающие причинно-следственную связь между предпосылками (значения контролируемых показателей) и заключением (решение относительно уровня риска банкротства), которые имеют вид:

ЕСЛИ x_1 есть A_1 И x_2 есть A_2 И ...И x_n есть A_n , (1)
то Y есть $B(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Принципиальным здесь является вопрос о том, каким именно образом выполняется логический вывод. Простейшая технология реализации продукционного правила состоит в следующем [2]. Диапазон возможных значений для каждой переменной делится на поддиапазоны значений этой переменной, соответствующие элементам собственного терм-множества. Теперь для каждой лингвистической переменной в зависимости от её значения можно установить, к какому именно терму эта переменная принадлежит. В соответствии с этим для набора из n переменных (x_1, x_2, \dots, x_n) определим совокупность содержащих их термов $A(x_1), A(x_2), \dots, A(x_n)$. Полученный набор термов может быть использован при реализации продукционного правила (1). При этом каждому возможному набору термов, определяемому конкретной совокупностью значений лингвистических переменных x_1, x_2, \dots, x_n , соответствует одно заключение. При использовании этой технологии множество правил типа (1) должно быть сформировано так, чтобы описать все возможные комбинации принадлежности переменных своим термам. Ясно, что при этом общее число правил будет равно $R = \prod_{i=1}^n m_i$,

где m_i – число термов для i -й переменной. Отсюда понятно, что быстрый рост необходимого числа правил с увеличением числа контролируемых показателей и возможным числом термов по каждому из них, делает использование этой идеи трудно осуществимой.

В связи с этим на практике используется другой подход, реализуемый в современных алгоритмах нечеткого вывода (Мамдани, Цукамото, Ларсена и др.). Алгоритм содержит несколько этапов [2].

Этап 1. Агрегирование степени истинности предпосылки.

После ввода функций принадлежности для всех элементов терм-множества каждой переменной осуществляется расчет численных значений этих функций принадлежности для полученных в эксперименте значений входных переменных. При этом значения функций принадлежности, соответствующие одноименным термам для разных переменных, могут, естественно, существенно

отличаться одно от другого. В отличие от предыдущего подхода здесь вместо непосредственного применения продукционных правил осуществляется предварительное согласование значений переменных с использованием какого-либо из продукционных правил агрегирования, к числу которых относятся, в частности, следующие:

- ✦ \min – конъюнкция степеней истинности предпосылок

$$\alpha_1 = \mu_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = \min\{\mu_{A_k}(x_1), \mu_{A_k}(x_2), \dots, \mu_{A_k}(x_n)\};$$
 (2)
- ✦ алгебраическое произведение степеней истинности предпосылок

$$\alpha_2 = \mu_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = \mu_{A_k}(x_1)\mu_{A_k}(x_2)\dots\mu_{A_k}(x_n).$$
 (3)

В этих соотношениях $\mu_{A_k}(x_j)$ – значение функции принадлежности, соответствующее A_k -му элементу терм-множества для переменной x_j .

В результате проведения этой операции множество значений функций принадлежности для разных нечетких переменных, задающих степень принадлежности соответствующей переменной выбранному терму, объединяются (агрегируются) в одно число. Это число характеризует степень истинности предпосылок для каждого из правил вида (1). В этих правилах, в зависимости от того, к какому именно терму принадлежит переменная-предпосылка, формулируется соответствующее заключение. При этом для каждого терма переменной-заключения формируется своя функция принадлежности, которая определяет степень принадлежности выходной переменной для заданного её значения к каждому из термов. Теперь вычисленное значение истинности предпосылок вместе с функциями принадлежности переменной-заключения позволяют рассчитать модифицированные функции принадлежности переменной-заключения с учетом значений лингвистических переменных в предпосылках. Соответствующая операция называется активизацией заключений.

Этап 2. Активизация (определение степени истинности заключения).

В конкретной задаче диагностики банкротства необходимо по результатам анализа лингвистических переменных, характеризующих состояние предприятия, установить значение Y лингвистической переменной «риск банкротства». При этом вводится соответствующее терм-множество, содержащее обычно пять элементов:

- B_1 – незначительный риск;
- B_2 – низкий риск;
- B_3 – средний риск;
- B_4 – высокий риск;
- B_5 – предельно высокий риск.

Диапазон $[0;1]$ возможных значений риска Y разбивается на пять пересекающихся поддиапазонов, являющихся носителями для соответствующих функций принадлежности.

Операция активизации заключений нечетких продукционных правил может быть выполнена различными способами, из которых наибольшее распространение

получило правило min-активизации, в соответствии с которой для каждого возможного заключения определяется модифицированная функция принадлежности:

$$\mu_{B_i,e}(y) = \min\{\alpha_i, \mu_{B_e}(y)\},$$

где α_i – агрегированная степень истинности предпосылок для i -го продукционного правила.

$\mu_{B_i,e}(y)$ – модифицированная функция принадлежности переменной-заключения, определяющая степень принадлежности этой переменной к e -му терму по результатам обработки значений переменных в соответствии с i -м правилом, $e = 1, 2, \dots, m$.

В результате выполнения этой операции получим набор функций принадлежности переменной-заключения для каждого из термов этой переменной для каждого из правил. Теперь для каждого из термов переменной-заключения нужно объединить (аккумулировать) функции принадлежности этой переменной, полученные независимо для каждого из правил. Соответствующая операция выполняется следующим образом.

Этап 3. Аккумуляция активизированных заключений.

После получения активизированных заключений для каждого элемента терм-множества значений выходной переменной выполняется процедура их аккумуляции, которая, в частности, в алгоритме Мамдани реализуется с использованием операции max-дизъюнкции:

$$\mu_{BR}(y) = \max\{\mu_{B1,e}(y), \mu_{B2,e}(y), \dots, \mu_{BR,e}(y)\}, \quad (4)$$

где $\mu_{BR}(y)$ – функция принадлежности переменной-заключения к e -му терму с учетом всех R правил продукции.

Этап 4. Приведение к четкости.

Процедура приведения к четкости заключается в преобразовании нечетких значений выходной переменной для аккумулярованного заключения, заданных функциями принадлежности (4), в четкие значения. Наиболее распространенное соотношение состоит в расчете центра тяжести соответствующих функций принадлежности (4):

$$\hat{y}_e = \frac{\int_{y_{\min}}^{y_{\max}} y \mu_{B_e}(y) dy}{\int_{y_{\min}}^{y_{\max}} \mu_{B_e}(y) dy},$$

где $y_{\min} = \min_y \{y : \mu_{B_e}(y) > 0\}$,

$y_{\max} = \max_y \{y : \mu_{B_e}(y) > 0\}$.

Процедура оценивания степени риска банкротства завершена.

Недостатки подобных систем нечеткого логического вывода достаточно очевидны.

1. Труднообоснуемы границы поддиапазонов, на которые делятся диапазоны возможных значений контролируемых переменных (показателей состояния) и выходного параметра задачи.

2. Использование конъюнктивных правил продукции (2), (3) может внести существенную погрешность в оценивании результирующего показателя вследствие минорирующего характера соответствующей процедуры. При этом может оказаться, что ошибочно полученное маленькое значение функции принадлежности какой-либо переменной к какому-либо терму «пересилит» как угодно большие значения функций принадлежности остальных переменных к этому терму.

3. Трудности обоснованного учета различий в важности контролируемых переменных.

4. Необходимость учета большого числа продукционных правил. При этом, если учитывается n показателей (лингвистических переменных) и число термов для каждой из них равно m , то число правил будет равно $R = m^n$.

Перечисленные недостатки традиционных систем логического вывода радикально устраняются в предлагаемом варианте диагностической нечеткой экспертной системы с регрессионным механизмом логического вывода. При этом устанавливается связь между значениями контролируемых переменных и значениями результирующего показателя в случае, когда контролируемые переменные оцениваются нечетко.

Регрессионная процедура реализуется следующим образом.

Для каждой лингвистической переменной, как и ранее, вводится терм-множество значений, характеризующих уровень этой переменной, например, «низкий», «средний», «высокий». Далее определяется набор функций принадлежности значений переменных каждому из выбранных термов. Например, уровень принадлежности переменной x_j , $j = 1, 2, \dots, n$, k -му терму, $k = 1, 2, \dots, m$, задается функцией принадлежности $\mu_k(x_j)$. Если в качестве функции принадлежности выбрана, например, гауссова кривая, то эта функция имеет вид

$$\mu_k(x_j) = \exp\left\{-\frac{(x_j - \bar{x}_j)^2}{2\sigma_j^2}\right\}.$$

Здесь

\bar{x}_j – модальное значение нечеткого числа x_j ;

σ_j – вариация нечеткого числа x_j .

Пусть $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – наблюдаемый набор значений контролируемых лингвистических переменных. Тогда с использованием функций принадлежности $\mu_k(x_j)$ составим матрицу

$$M = \begin{pmatrix} \mu_1(x_1) & \mu_2(x_1) & \dots & \mu_m(x_1) \\ \mu_1(x_2) & \mu_2(x_2) & \dots & \mu_m(x_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_1(x_n) & \mu_2(x_n) & \dots & \mu_m(x_n) \end{pmatrix}.$$

Каждый столбец этой матрицы содержит набор значений функций принадлежности нечетких значений контролируемых параметров выбранному элементу терм-множества. Этот набор используется для расчета значений уровня риска банкротства. Вычисление этих значений осуществим по формуле

$$y_k(X) = \sum_{j=1}^n w_k \mu_k(x_j), \quad k = 1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

В этом соотношении коэффициенты $w_k, k = 1, 2, \dots, m$ играют роль весовых. Их значения могут быть определены с использованием метода попарных сравнений.

Соответствующая технология реализуется следующим образом. Группа экспертов формирует набор матриц попарных сравнений значимости факторов. Эти данные усредняются и в результате получают матрицу $A = (a_{ij})$, где a_{ij} – уровень значимости фактора i по сравнению с фактором j . Потребуем, чтобы элементы этой матрицы обладали следующими свойствами:

а) обратная симметричность, то есть для любой пары (i, j) имеет место $a_{ij} = 1/a_{ji}$;

б) транзитивность, то есть для любой тройки (i, j, k) выполняется соотношение $a_{ik} = a_{ij} a_{jk}$.

Матрицу, обладающую этими свойствами, называют согласованной. При этом, как легко показать [3], искомые оценки весовых коэффициентов могут быть рассчитаны по формулам:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

Однако на практике получаемая в результате экспертного оценивания матрица попарных сравнений не является согласованной. В [3] предложена простая процедура итерационного согласования реальной матрицы попарных сравнений. Пусть после проведения l -й итерации согласования получена матрица $a_{ij}^{(l)}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n$. Тогда на очередной $(l + 1)$ -й итерации элементы этой матрицы вычисляются по формулам:

$$a_{ij}^{l+1} = \left(\frac{\sum_{k=1}^n a_{ik}^{(l)} a_{kj}^{(l)}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{a_{ik}^{(l)} a_{kj}^{(l)}}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad a_{ji}^{(l+1)} = \frac{1}{a_{ij}^{(l+1)}},$$

$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n.$

Процедура итерационного согласования продолжается до выполнения какого-либо естественного критерия остановки. Полученная в результате согласования матрица используется в соответствии с (6) для расчета коэффициентов уравнения (5).

Получаемый с использованием (5) набор чисел $(y_1(x), y_2(x), \dots, y_m(x))$ необходимо нормировать следующим образом:

$$\hat{y}_k(X) = \frac{y_k(X)}{\sum_{k=1}^m y_k(X)}, \quad k = 1, 2, \dots, m. \quad (7)$$

Теперь набор $(\hat{y}_1(x), \hat{y}_2(x), \dots, \hat{y}_m(x))$ имеет смысл распределения значений степени риска банкротства. Сравнение этих значений позволяет объективно оценить состояние предприятия.

ВЫВОДЫ

Предложен метод расчета уровня риска банкротства предприятия с использованием нечетких значений контролируемых параметров финансового состояния. Заключение производится на основе расчета значений регрессионного полинома, коэффициенты которого предложено отыскивать методом попарных сравнений. Применимость и эффективность описанной технологии проверена и подтверждена конкретным ее применением для оценивания риска банкротства реальных предприятий. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Раскин Л. Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения / Л. Г. Раскин, О. В. Серая. – Х. : Парус, 2008 – 352 с.
2. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
3. Раскин Л. Г. Формирование скалярного критерия предпочтения по результатам попарных сравнений объектов / О. В. Серая, Л. Г. Раскин // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2003. – № 6. – С. 63 – 68.

Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского
Хоменко Н. М.