

Оценка степени риска банкротства предприятий и фирм на основе нечёткой логики

¹Т.Гачечиладзе, ²Т.Давиташвили, ³Г.Меладзе, ⁴Г.Церцвадзе

^{1,2} Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили,
Университетская ул. 2, Тбилиси 0143, Грузия

^{3,4} Институт вычислительной математики им. Н.Мусхелишвили,
ул. Акурская 8. Тбилиси, Грузия

Введение

Эксперт в мире экономики при принятии решения постоянно сталкивается с одной общей проблемой: трудная упорядочиваемость (и даже противоречивость) данных сегодняшнего дня и неопределённость завтрашнего дня.

Информация в экономике никогда не является полной, т.к. значения некоторых макро и микроскопических параметров недоступны для наблюдения и, следовательно, для измерения, более того, неизвестно их полное количество. Поэтому, ненаблюдаемые, скрытые параметры, точнее их влияние, является источником как объективной (статистической), так и субъективной (возможностной) неопределённости.

Ключевые слова:

Нечеткие множества; Нечеткая логика; дефузификация; Составление предприятия.

Постановка задачи

Задача определения степени риска банкротства предприятия является актуальной для всех лиц, заинтересованных положением предприятия – собственников предприятия, руководителя, инвесторов, кредиторов, аудиторов и т.д.

В финансовом анализе хорошо известен ряд показателей, характеризующих отдельные стороны текущего финансово-экономического положения предприятия. По ряду показателей существуют нормативы, характеризующие их значения положительно или отрицательно. Но часто при анализе показатели однозначно нормировать невозможно. Это обусловлено спецификой отраслей экономики, особенностями предприятия, состоянием экономической среды и т.д. Тем не менее, заинтересованные лица не довольствуются простой количественной оценкой показателей. Им важно знать, хороши ли эти значения, какая связь количественных значений показателей выделённой группы с риском банкротства предприятия. Но показателей много, изменяются они часто разнонаправленно, поэтому при принятии решения удобно свести набор всех исследуемых частных финансовых показателей в один комплексный, по значению которого можно будет судить о степени благополучия предприятия. При этом надо отметить, что из уникальности данного конкретного предприятия сразу следует, что статистической вероятности тут места нет и, поэтому, надо перенести акцент с прогнозирования банкротства на распознавание сложившейся ситуации (с определением расстояния, которое отделяет предприятие от состояния банкротства, и с указанием также соответствующей степени достоверности этого определения).

Пригодным математическим аппаратом для таких исследований представляется теория нечётких множеств и нечёткая логика [1]. Чем глубже исследуется предприятие и окружающая экономическая среда, тем больше обнаруживаются новые источники неопределённости, дефицит количественных и качественных исходных данных. Везде мы сталкиваемся с неопределённостью, которая в принципе не может быть раскрыта однозначно

и чётко.Ряд параметров невозможно точно измерить и тогда в их оценке неизбежно появляется субъективная компонента, выражаемая нечёткими оценками типа «высокий», «весьма ожидаемый» и т.д. Таким образом, имеем дело с лингвистической переменной со своим множеством значений и, поэтому, связь количественного значения некоторого показателя с его качественным лингвистическим описанием задаётся функциями принадлежности показателя нечёткому множеству [2]. Функции принадлежности параметров нечётким множествам являются количественной мерой наличной информационной неопределённости в отношении анализируемых параметров, значение которых описывается в лингвистической, количественно нечёткой форме.

Реальный пример оценки риска банкротства предприятия.

Решение поставленной задачи подразумевает одновременную разработку трёх методов нечёткого анализа информации: 1) метода дискриминационного анализа [3]; 2) метода анализа связностей [3]; 3) статистики нечётких классов [4]. Все три метода основаны на обработке ретроспективных данных. Параллельное их использование в случае совпадающих результатов, сильно увеличивает достоверность решения. При несовпадении результатов будет использован метод экспертов [5] с целью их согласования. Окончательный результат будет получен после использования какого-нибудь метода дефазификации [6].

Предлагаемые нами методы анализа состояния предприятия основаны на таблично-числовой базе данных, строящейся из следующих соображений: период наблюдений делится на три интервала (1, 2, 3), по которым производится сопоставительный финансовый анализ. Предприятие характеризуется набором N финансовых показателей (вектором финансовых показателей), построенных на основе бухгалтерской отчётности за определённый период $(X_1^i, X_2^i, \dots, X_N^i)$, $i = 1, 2, 3$. Каждый из показателей X_i^j может быть разбит на подфакторы X_{ik}^j ($k = 1, 2, \dots, p$; $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, 3$). Предполагается, что система показателей (X) достаточна для достоверного анализа состояния предприятия. Полное множество состояний A предприятия в данном примере разбито на пять (в общем случае перекрывающихся) нечётких подмножеств вида:

- A_1 -- нечёткое подмножество состояний «предельного неблагополучия»,
- A_2 -- нечёткое подмножество состояний «неблагополучия»,
- A_3 -- нечёткое подмножество состояний «среднего качества»,
- A_4 -- нечёткое подмножество состояний «относительного благополучия»,
- A_5 -- нечёткое подмножество состояний «предельного благополучия».

Мы можем говорить, что множество, соответствующее лингвистической переменной «состояние предприятия», состоит из пяти элементов A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 , каждому из которых соответствует функция совместимости (принадлежности) $\mu_1(V), \dots, \mu_5(V)$ где $V = V(X)$ -- комплексный показатель состояния предприятия, причём чем выше V , тем «благоприятнее» состояние предприятия.

Чтобы предсказать степень риска банкротства предприятия методами математической статистики требуется некая процедура классификации. Но между упомянутыми пятью классами нет чётких границ. По этой причине любые понятия, связанные с понятием состояния предприятия, содержат нечёткость. Поскольку мы имеем дело с нечёткими множествами V , то для компактного описания соответствующих функций совместимости μ_1, \dots, μ_5 , поставим им в соответствие определенные числа, так называемые T -числа $(\alpha_{li}, \beta_{li}, \beta_{ri}, \alpha_{ri})$ ($i = 1, \dots, 5$), где α_{li} и α_{ri} -- абсциссы левых и правых точек соответствующего нижнего основания, а β_{li} и β_{ri} -- абсциссы левых и правых точек верхнего основания трапеции, задающей соответствующую функцию в области с ненулевой принадлежностью носителя, соответствующему нечёткому подмножеству.

Заметим, что при желании использовать для оценки риска банкротства предприятия «исторического опыта», понятие частоты события будет содержать нечёткость, т.е. мы будем иметь дело с нечёткими частотами.

Задача анализа степени риска банкротства предприятия может быть сформулирована следующим образом: определить процедуру, связывающую набор показателей (X) с комплексным показателем V . Тогда, используя «исторический опыт», на основе одного из упомянутых методов (на основе функций $\{\mu\}$), по мере получения значений V , сконструировать одно из утверждений относительно «текущего состояния предприятия»:

- «предельно благополучно с уровнем совместимости $\mu_1(V)$ »
- «относительно благополучно с уровнем совместимости $\mu_2(V)$ »
- «среднего качества с уровнем совместимости $\mu_3(V)$ »
- «неблагополучно с уровнем совместимости $\mu_4(V)$ »
- «предельно неблагоприятно с уровнем совместимости $\mu_5(V)$ ».

Эти утверждения придают определённый вес каждому из вариантов принадлежности текущего состояния предприятия к одному из нечётких подмножеств $\{A\}$. Лицо, принимающее решение относительно состояния предприятия на основе одного из упомянутых методов, может также определить вектор изменения состояния предприятия от периода к периоду следующим образом:

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

Предлагаемый подход к анализу состояния предприятия и оценка степени риска банкротства предприятия нам представляется более достоверным по сравнению с чисто статистическим, т.к. позволяет корректно учесть субъективную (экспертную) компоненту в первичных данных, более полно учесть всю полезную информацию, содержащуюся в них.

Рассмотрим реально существующее предприятие одной из отраслей промышленности, которое условно назовём «предприятие С». Пусть заданы два временных интервала -- март 2005 года и апрель того же года, по которым производится сопоставительный финансовый анализ. Эксперты установили, что на основании 6 отдельных финансовых показателей, построенных на основе бухгалтерской отчетности за период, имеющих равную значимость для анализа, можно проводить комплексный анализ состояния этого предприятия. Эти показатели (факторы) следующие:

X_1 – коэффициент автономии (отношение собственного капитала к сумме активов),

X_2 – коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами (отношение чистого оборотного капитала к оборотным активам),

X_3 – коэффициент промежуточной ликвидности (отношение суммы денежных средств и дебиторской задолженности к краткосрочным пассивам),

X_4 – коэффициент абсолютной ликвидности (отношение суммы денежных средств к краткосрочным пассивам),

X_5 – оборачиваемость всех активов в годовом исчислении (отношение выручки от реализации к средней за период стоимости активов),

X_6 – рентабельность всего капитала (отношение чистой прибыли к средней за период стоимости активов).

Полное множество состояний A предприятия разбито на пять (в общем случае пересекающихся) нечётких подмножеств вида:

A_1 -- нечёткое подмножество состояний «предельного неблагоприятия»,

A_2 -- нечёткое подмножество состояний «неблагополучия»,

A_3 -- нечёткое подмножество состояний «среднего качества»,

A_4 -- нечёткое подмножество состояний «относительного благополучия»,

A_5 -- нечёткое подмножество состояний «предельного благополучия».

Результаты чёткой класификации экспертами параметров (факторов) X_1, \dots, X_6 по 5 подфакторам сведены в таблицу 1:

Таблица 1

Факторы	Подфакторы	Интервалы подфакторов
X_1	X_{11}	[0.0000; 0.1500]
	X_{12}	[0.1500; 0.2750]
	X_{13}	[0.2750; 0.4750]
	X_{14}	[0.4750; 0.6500]
	X_{15}	[0.6500; 1.0000]
X_2	X_{21}	[-1.0000; -0.0025]
	X_{22}	[-0.0025; 0.1000]
	X_{23}	[0.1000; 0.3250]
	X_{24}	[0.3250; 0.4750]
	X_{25}	[0.4250; 1.0000]
X_3	X_{31}	[0.0000; 0.5500]
	X_{32}	[0.5500; 0.7500]
	X_{33}	[0.7500; 0.9500]
	X_{34}	[0.9500; 1.4000]
	X_{35}	[1.4000; 9999999]
X_4	X_{41}	[0.0000; 0.0250]
	X_{42}	[0.0250; 0.0900]
	X_{43}	[0.0900; 0.3250]
	X_{44}	[0.3250; 0.5500]
	X_{45}	[0.5500; 9999999]
X_5	X_{51}	[0.0000; 0.1300]
	X_{52}	[0.1300; 0.1900]
	X_{53}	[0.1900; 0.3500]
	X_{54}	[0.3500; 0.6500]
	X_{55}	[0.6500; 9999999]
X_6	X_{61}	[-9999999; 0.0000]
	X_{62}	[0.0000; 0.0080]
	X_{63}	[0.0080; 0.0800]
	X_{64}	[0.0800; 0.3125]
	X_{65}	[0.3125; 9999999]

Заметим, что оценки могут быть точечными, а не только интервальными. Алгоритм остаётся тем же, если точечную оценку рассматривать как интервальную с длиной интрвала, равной нулю.

«Историческим» опытом являлось: с одной стороны, значения показателей X_1, \dots, X_6 за 12 месяцев 2004 года, выбранные из уже состоявшейся финансовой отчётности предприятия; с другой стороны, оценивалось состояние предприятия «С» по шкале A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 за каждый из тех же 12 месяцев. Это было сделано 3 экспертами. Результаты их оценок приведены в таблице 2:

Таблица 2

Дата	Элсперт №1 (оценка в %-ах)				
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
01.2004	[0; 0]	[80; 90]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]
02.2004	[0; 0]	[80; 90]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]
03.2004	[0; 0]	[70; 80]	[10; 20]	[0; 0]	[0; 0]
04.2004	[0; 0]	[0; 0]	[85; 95]	[0; 0]	[0; 0]
05.2004	[0; 0]	[0; 0]	[95; 100]	[0; 0]	[0; 0]
06.2004	[0; 0]	[0; 0]	[95; 100]	[0; 0]	[0; 0]
07.2004	[0; 0]	[0; 0]	[90; 100]	[0; 0]	[0; 0]
08.2004	[0; 0]	[20; 25]	[75; 80]	[0; 0]	[0; 0]
09.2004	[0; 0]	[80; 85]	[15; 20]	[0; 0]	[0; 0]

10.2004	[0; 0]	[30; 35]	[60; 65]	[0; 0]	[0; 0]
11.2004	[0; 0]	[0; 0]	[95; 100]	[0; 0]	[0; 0]
12.2004	[0; 0]	[40; 50]	[50; 55]	[0; 0]	[0; 0]

Продолжение таблицы 2

Эксперт №2 (оценка в %-ах)					Эксперт №3 (оценка в %-ах)				
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
[60 70]	[30; 40]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[20 40]	[60 80]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]
[70 80]	[20; 30]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[20 40]	[60 80]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]
[70 80]	[20; 30]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[70 80]	[20 40]	[0; 0]	[0; 0]
[70 80]	[20; 30]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[70 80]	[20 40]	[0; 0]	[0; 0]
[50 60]	[30; 40]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[70 80]	[20 40]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[0; 0]	[10 20]	[80 90]	[0; 0]	[0; 0]	[50 70]	[30 50]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[0; 0]	[10 20]	[80 90]	[0; 0]	[0; 0]	[50 70]	[30 50]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[0; 0]	[10 20]	[80 90]	[0; 0]	[0; 0]	[40 60]	[40 60]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[40; 50]	[40 50]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[40 60]	[50 70]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[40; 50]	[40 50]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[40 60]	[50 70]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[40; 40]	[40 50]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[50 70]	[30 50]	[0; 0]	[0; 0]
[0; 0]	[40; 40]	[40 50]	[0; 0]	[0; 0]	[0; 0]	[20 40]	[50 80]	[0; 0]	[0; 0]

Естественно, разные эксперты дали неодинаковые процентные оценки состояния предприятия в том или ином месяце. Но нам нужно однозначное определение состояния предприятия в каждом месяце. Для этой цели мы применили известный в теории нечётких множеств метод экспертонов чтобы свести неодинаковые процентные оценки состояния предприятия трёх экспертов в каждом месяце в одну общую оценку по шкале A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 . Имеются детальные расчёты по методу экспертонов и соответствующая программная реализация. В итоге, состояния нашего предприятия по шкале A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 за прошедший год по месяцам оказались следующими:

2004 год месяцы	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
состояние по шкале A_1, A_2, A_3, A_4, A_5	A_2	A_2	A_2	A_3	A_3	A_3	A_3	A_3	A_2	A_3	A_3	A_3

Теперь можно подсчитать исходные частоты. Они приведены в следующей таблице:

Таблица 3

Факторы	Подфакторы	Интервалы подфакторов	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
	X_{11}	[0.0000; 0.1500]	0.00	4.00	8.00	0.00	0.00
	X_{12}	[0.1500; 0.2750]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X_1	X_{13}	[0.2750; 0.4750]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	X_{14}	[0.4750; 0.6500]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{15}	[0.6500; 1.0000]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{21}	[-1.0000; -0.0025]	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
	X_{22}	[-0.0025; 0.1000]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X_2	X_{23}	[0.1000; 0.3250]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{24}	[0.3250; 0.4750]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{25}	[0.4250; 1.0000]	0.00	4.00	8.00	0.00	0.00
	X_{31}	[0.0000; 0.5500]	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00
	X_{32}	[0.5500; 0.7500]	0.00	3.00	6.00	0.00	0.00
X_3	X_{33}	[0.7500; 0.9500]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{34}	[0.9500; 1.4000]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{35}	[1.4000; 9999999]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{41}	[0.0000; 0.0250]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	X_{42}	[0.0250; 0.0900]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X_4	X_{43}	[0.0900; 0.3250]	0.00	3.00	8.00	0.00	0.00
	X_{44}	[0.3250; 0.5500]	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	X_{45}	[0.5500; 9999999]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{51}	[0.0000; 0.1300]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	X_{52}	[0.1300; 0.1900]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X_5	X_{53}	[0.1900; 0.3500]	0.00	3.00	1.00	0.00	0.00
	X_{54}	[0.3500; 0.6500]	0.00	1.00	5.00	0.00	0.00
	X_{55}	[0.6500; 9999999]	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
	X_{61}	[-9999999; 0.0000]	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00
	X_{62}	[0.0000; 0.0080]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X_6	X_{63}	[0.0080; 0.0800]	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00
	X_{64}	[0.0800; 0.3125]	0.0000	1.00	5.00	0.00	0.00
	X_{65}	[0.3125; 9999999]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Для вычисления нечётких частот и весов подфакторных интервалов, нами выведены формулы:

1. Вычисление нечёткой частоты:

$$\tilde{n} = \bar{\mu}n, \quad (1)$$

где $\bar{\mu}$ -- среднее значение функции принадлежности (соответствия), n -- наблюдаемая частота.

2. Вычисление нечётких частот, соответствующих пяти выделённым состояниям:

$$\begin{aligned} \tilde{n}_{ik}^1 &= \bar{\mu}_1^1 n_{ik}^1, & \tilde{n}_{ik}^2 &= \bar{\mu}_1^2 n_{ik}^1 + \bar{\mu}_2^2 n_{ik}^2 + \bar{\mu}_3^2 n_{ik}^3, \\ \tilde{n}_{ik}^3 &= \bar{\mu}_2^3 n_{ik}^2 + \bar{\mu}_3^3 n_{ik}^3 + \bar{\mu}_4^3 n_{ik}^4, & \tilde{n}_{ik}^4 &= \bar{\mu}_3^4 n_{ik}^3 + \bar{\mu}_4^4 n_{ik}^4 + \bar{\mu}_5^4 n_{ik}^5, \\ \tilde{n}_{ik}^5 &= \bar{\mu}_4^5 n_{ik}^4 + \bar{\mu}_5^5 n_{ik}^5 \quad (i = \overline{1, N}; \quad k = \overline{1, 5}). \end{aligned} \quad (2)$$

3. Вычисление относительных частот (нечётких):

$$\tilde{p}_{ik}^{qj} = \tilde{n}_{ik}^{qj} / \sum_{q=1}^5 \tilde{n}_{ik}^{qj} \quad (3)$$

4. Вычисление весов подфакторов:

$$W_{ik}^{qj} = \frac{1}{N} \left(\sum_{q=1}^5 n_{ik}^{qj} \right) / \left(\sum_{k=1}^5 \sum_{q=1}^5 \tilde{n}_{ik}^{qj} \right) \quad (4)$$

Результаты вычислений по этим формулам приведены в таблице 4.

Таблица 4

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	Сумма по подфакторам	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	Веса факторов
\tilde{n}_{65}^1	\tilde{n}_{65}^2	\tilde{n}_{65}^3	\tilde{n}_{65}^4	\tilde{n}_{65}^5		\tilde{p}_{65}^1	\tilde{p}_{65}^2	\tilde{p}_{65}^3	\tilde{p}_{65}^4	\tilde{p}_{65}^5	
0.01	5.5	8	2	0	15.51	0.00064	0.35461	0.5158	0.12895	0	0.16667
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.01	5.5	8	2	0	15.51	0.00064	0.35461	0.5158	0.12895	0	0.16667
0.0025	1.375	2	0.5	0	3.8775	0.00064	0.35461	0.5158	0.12875	0	0.04167
0.0075	4.125	6	1.5	0	11.6325	0.00064	0.35461	0.5158	0.12875	0	0.125
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0075	4.625	7.75	2	0	14.3825	0.00052	0.32157	0.53885	0.13906	0	0.15455
0.0025	0.875	0.25	0	0	1.1275	0.00222	0.77605	0.22173	0	0	0.01212
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0075	2.875	1.625	0.25	0	4.7575	0.00158	0.60431	0.34157	0.05255	0	0.05112
0.0025	2.125	4.625	1.25	0	8.0025	0.00031	0.26554	0.57794	0.1562	0	0.08599
0	0.5	1.75	0.5	0	2.75	0	0.18182	0.63636	0.18182	0	0.02955
0.005	2	1.375	0.25	0	3.63	0.00138	0.55096	0.37879	0.06887	0	0.03901
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0025	1.375	2	0.5	0	3.8775	0.00064	0.35461	0.5158	0.12895	0	0.04167
0.0025	2.125	4.625	1.25	0	8.0025	0.00031	0.26554	0.57794	0.1562	0	0.08599
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Отметим, что расчёты проводились для каждого периода ($j=1,2,3$). Это позволяет проследить динамику изменения риска банкротства предприятия. Последняя таблица содержит все результаты (всю информацию) обработки первичных данных. Мы считаем, что на основе этой таблицы с помощью т.н. метода линейного статистического синтеза можно принять решение на данный момент []. Это решение получается в два этапа. Первый этап: определяется матрица нечётких частот (расчёты проводятся по формулам (2) для $N=6$ и $S=5$) и веса шести подфакторных интервалов $w_{13}, w_{25}, w_{31}, w_{44}, w_{51}, w_{62}$. Второй этап вычислений состоит в проведении линейного статистического синтеза, в результате которого получается распределение возможностей риска банкротства предприятия

$$(\delta_1/A_1, \delta_{2i}/A_2, \delta_3/A_3, \delta_4/A_4, \delta_5/A_5).$$

Здесь δ_i -- возможность состояния A_i ($i=1,2,3,4,5$): Подчёркиваем, что возможность не следует отождествлять с вероятностью, хотя возможность и выражается числом из интервала $[0, 1]$. В то время как вероятность (также число из $[0, 1]$) измеряет шанс осуществления события A_i , возможность измеряет насколько легко это событие может осуществиться. Окончательное решение выбирается по принципу максимума возможности:

$$\delta = \max(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5) \quad (5)$$

Допустим, мы хотим оценить состояние предприятия за март месяц 2005 года. Для этого измеряем финансовые показатели за этот месяц. В результате измерения получаем:

Таблица 5

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Полученные значения по интервалам подфакторов	0.1159	0.8337	0.5140	0.4998	0.1660	0.0062

Соответствующая полученным значениям матрица нечётких вероятностей такова:

Таблица 6

Факторы	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
X_1	0.0006	0.3546	0.5158	0.1289	0.0000
X_2	0.0006	0.3546	0.5158	0.1289	0.0000
X_3	0.0006	0.3546	0.5158	0.1289	0.0000
X_4	0.0022	0.7761	0.2217	0.0000	0.0000
X_5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
X_6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

А соответствующий полученным значениям вектор весов таков:

Таблица 7

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
W_{65}^1	0.1667	0.1667	0.0417	0.0121	0.0000	0.0000

Умножим вектор весов на матрицу частот (формула (5)) и получаем нечёткое множество состояний предприятия, которое характеризует уровни состояний предприятия на март месяц (см. таблицу 8).

Таблица 8

Нечёткие состояния	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
Уровни соответствия	0.0003	0.1424	0.1961	0.0484	0.0000

Применяя принцип максимума (формула (6)), получаем окончательное решение в следующей форме: состояние предприятия в марте месяце A_3 -- «среднего качества» с уровнем соответствия 0.1961. Естественно, соответствующий риск банкротства этого предприятия по данным марта «средний».

Если мы хотим оценить состояние предприятия за апрель месяц 2005 года, то аналогичную процедуру проделываем и для апреля месяца. Для этого измеряем финансовые показатели за этот месяц. Результаты измерений приведены в таблице 9.

Таблица 9

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Полученные значения по интервалам подфакторов	0.1342	0.9166	0.4276	0.3895	0.1963	0.007

Соответствующая полученным значениям матрица нечётких вероятностей такова:

Таблица 10

Факторы	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
X_1	0.0006	0.3546	0.5158	0.1289	0.0000
X_2	0.0006	0.3546	0.5158	0.1289	0.0000
X_3	0.0006	0.3546	0.5158	0.1289	0.0000
X_4	0.0022	0.7761	0.2217	0.0000	0.0000
X_5	0.0016	0.6043	0.3416	0.0525	0.0000
X_6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

А соответствующий полученным значениям вектор весов таков:

Таблица 11

Факторы	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
W_{65}^2	0.1667	0.1667	0.0417	0.0121	0.0511	0.0000

Умножая вектор весов на матрицу частот, получаем нечёткое множество состояний предприятия, которое характеризует уровни состояний предприятия на апрель месяц:

Таблица 12

Нечёткие состояния	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
Уровни соответствия	0.0003	0.1733	0.2136	0.0510	0.0000

Применяя принцип максимума, приходим к следующему окончательному решению: состояние предприятия в апреле месяце не изменилось A_3 -- «среднего качества» с уровнем соответствия 0.2136. Таким образом, степень риска банкротства прежний -- «средний», несмотря на некоторое, незначительное улучшение отдельных финансовых показателей. Это естественно, т.к. периоды следуют друг за другом, без большого интервала времени.

Литература:

1. G.Klir, T.Folger – Fuzzy Sets, Uncertainties, Information – New Jerey, Prentice Hall 1988.
2. А.А.Кофманн. Теория нечётких множеств. Москва, 1990 г.
3. D.Norris, B.W.Vilsworth and J.F Buldwin. Medical diagnosis from patient records – A method using fuzzy discrimination and connectivity analysis.
4. Li Zouyong , Chen Zenpei and Li Jitao. A model of weather forecast by fuzzy grade statistics. FSS, 26, pp.275-281 (1988).
5. A.Kaufmann. Theory of expertons and Fuzzy Logic – FSS, 28, pp.295-301 (1988).
6. A.Prande and K.Dubois – Fuzzy Sets and Systems – Theory and Applications. Academic Press, N.Y.(1980).

Статья получена: 2007-07-18