

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin
(editors)

Natural and Artificial Intelligence

ITHEA

SOFIA

2010

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin (ed.)

Natural and Artificial Intelligence

ITHEA®

Sofia, Bulgaria, 2010

ISBN 978-954-16-0043-9

First edition

Recommended for publication by The Scientific Council of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA

This book is engraved in prof. Zinovy Lvovich Rabinovich memory. He was a great Ukrainian scientist, co-founder of ITHEA International Scientific Society (ITHEA ISS). To do homage to the remarkable world-known scientific leader and teacher this book is published in Russian language and is concerned to some of the main areas of interest of Prof. Rabinovich.

The book is opened by the last paper of Prof. Rabinovich specially written for ITHEA ISS. Further the book maintains articles on actual problems of natural and artificial intelligence, information interaction and corresponded intelligent technologies, expert systems, robotics, classification, business intelligence; etc. In more details, the papers are concerned in: conceptual problems of the natural and artificial intelligent systems: structures and functions of the human memory, ontological models of knowledge representation, knowledge extraction from the natural language texts; network technologies; evolution and perspectives of development of the mechatronics and robotics; visual communication by gestures and movements, psychology of vision and information technologies of computer vision, image processing; object classification using qualitative characteristics; methods for comparing of alternatives and their ranging in the procedures of expert knowledge processing; ecology of programming – a new trend in the software engineering; decision support systems for economics and banking; systems for automated support of disaster risk management; and etc.

It is represented that book articles will be interesting for experts in the field of information technologies as well as for practical users.

General Sponsor: Consortium FOI Bulgaria (www.foibg.com).

Printed in Bulgaria

Copyright © 2010 All rights reserved

© 2010 ITHEA® – Publisher; Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. www.ithea.org; e-mail: info@foibg.com

© 2010 Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin – Editors

© 2010 Ina Markova – Technical editor

© 2010 For all authors in the book.

© ITHEA is a registered trade mark of FOI-COMMERCE Co.

ISBN 978-954-16-0043-9

C/o Jusautor, Sofia, 2010

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКА БАНКРОТСТВА КОРПОРАЦИИ

Ольга Прокопенко

Аннотация: рассматривается проблема возможного риска банкротства предприятия, приведен общий обзор существующих методик анализа: метода Альтмана, метода Давыдовой-Беликова и нечеткого матричного метода, проведен сравнительный анализ описанных методов на основании полученных результатов.

Ключевые слова: нечёткая логика, прогнозирование банкротства

ACM Classification Keywords: G.1.0 Mathematics of Computing – NUMERICAL ANALYSIS – General – Error analysis I.2.3 Computing Methodologies - ARTIFICIAL INTELLIGENCE - Deduction and Theorem Proving - Uncertainty, “fuzzy”, and probabilistic reasoning; I.2.6 Computing Methodologies - ARTIFICIAL INTELLIGENCE – Learning - Connectionism and neural nets; I.5.1 Computing Methodologies - PATTERN RECOGNITION - Models - Fuzzy set

Вступление

В данной работе рассматривается проблема возможного риска банкротства предприятия и предлагается разработанная автором методика анализа риска банкротства фирмы с использованием аппарата нечетких множеств и классических методов – как наиболее пригодного математического аппарата для исследования.

Актуальность темы исследования состоит в том, что, несмотря на значительный объем накопленных в данной сфере знаний, процесс банкротства фирмы сегодня досконально не изучен. Не хватает единого системного подхода, с помощью которого можно было бы своевременно идентифицировать угрозу разорения и внедрить эффективные методы предотвращения банкротства предприятия.

Модель Альтмана

Модель Альтмана была разработана в 1968 году на основе статистического анализа финансовых показателей деятельности субъектов предпринимательской деятельности. Эту модель называют Z-моделью. Модель активно используется для экономики США.

Имея результаты хозяйственной деятельности 66 компаний (поровну - 33 успешных и столько же банкротов), рассчитав 22 финансовых коэффициента и воспользовавшись лишь пятью из них, Альтман вывел формулу, которая на сегодняшний день известна всем:

$$Z = 1.2K1 + 1.4 K2 + 3.3 K3 + 0.6 K4 + 1.0 K5 \quad (1)$$

где

K1 - рабочий капитал / общая стоимость активов;

K2 - чистая прибыль / общая стоимость активов;

K3 - рыночная капитализация компании (рыночная стоимость акций) / сумма задолженности;

K4 - финансовая устойчивость;

K5 - объем продаж / общая стоимость активов.

Если значение $Z < 1,8$, то вероятность банкротства очень высока. Если значение $1,81 < Z < 2,7$, то вероятность банкротства высока. Если значение $2,71 < Z < 2,99$, то банкротство возможно. Если значение $Z > 3,0$ - вероятность банкротства очень низкая.

Метод Давыдовой-Беликовой

Российские ученые Давыдова и Беликов разработали и предложили свою модель, основанную на модели Альтмана, которая корректирует коэффициенты и параметры согласно условиям переходной экономики. Модель Давыдовой-Беликова имеет вид:

$$R = 8.38 \cdot K_1 + K_2 + 0.054 \cdot K_3 + 0.63 \cdot K_4 \quad (2)$$

где:

$$K_1 = \frac{\text{оборотный капитал}}{\text{сумма активов}}$$

$$K_2 = \frac{\text{чистая прибыль}}{\text{сумма собств. капитала}}$$

$$K_3 = \frac{\text{выручка от реализации}}{\text{сумма активов}}$$

$$K_4 = \frac{\text{чистая прибыль}}{\text{сумма активов}}$$

При $R < 0$ - вероятность банкротства максимальная (90-100%). При $0 < R < 0,18$ - вероятность банкротства высокая (60-80%). При $0,18 < R < 0,32$ - вероятность банкротства средняя (35-50%). При $0,32 < R < 0,42$ - вероятность банкротства низкая (15-20%). При $R < 0,42$ - вероятность банкротства минимальна (до 10%).

Нечетко-множественная модель

В предлагаемой нечетко-множественной модели финансовое состояние фирмы описывается набором количественных и качественных факторов финансового анализа общим числом N . При этом все факторы являются измеримыми, то есть, имеют носитель со своей областью определения на вещественной оси.

Нечеткие описания в структуре модели корпорации появляются в связи с неуверенностью эксперта, которая возникает в ходе классификации уровня факторов. Например, эксперт не может четко разграничить понятия, к примеру, «высокой» и «максимальной» вероятности. Или когда надо провести границу между средним и низким уровнем значения параметра. Тогда применение нечетких описаний означает следующее:

Эксперт фиксирует показатель (фактор) и его количественный носитель.

На выбранном носителе эксперт строит лингвистическую переменную со своим терм-множеством значений. Например, переменная «Уровень показателя X » может обладать терм-множеством значений «Очень низкий, Низкий, Средний, Высокий, Очень высокий».

Далее эксперт каждому значению лингвистической переменной (которое, по своему построению, является нечетким подмножеством значений интервала $(0,1)$ – области значений показателя уровня менеджмента) сопоставляет функцию принадлежности уровня менеджмента тому или иному нечеткому подмножеству.

Общеупотребительными функциями в этом случае являются трапециевидные функции принадлежности. Кроме того, нами в работе были применены треугольные функции.

Для целей компактного описания трапециевидные функции принадлежности $\mu(X)$ удобно описывать трапециевидными числами вида $B(a_1, a_2, a_3, a_4)$, где a_1 и a_4 – абсциссы нижнего основания, a_2 и a_3 – абсциссы верхнего основания трапеции, задающей $\mu(X)$ в области с ненулевой принадлежностью носителя x соответствующему нечеткому подмножеству.

Также формальный ввод классификатора предполагает введение набора узловых точек, которые являются абсциссами максимумов соответствующих функций принадлежности классификатора. В стандартном пятиуровневом классификаторе 5 симметрично расположенных на 01-носителе узловых точек: {0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9}.

Продемонстрируем, как применяется полученный классификатор при поэтапном конструировании нечетко-множественной модели корпорации.

На 1-м этапе зададимся лингвистическими переменными и соответствующими им нечеткими подмножествами.

Лингвистическая переменная E «Состояние корпорации» имеет пять значений:

- E_1 – нечеткое подмножество состояний "предельного неблагоприятия";
- E_2 – нечеткое подмножество состояний "неблагополучия";
- E_3 – нечеткое подмножество состояний "среднего качества";
- E_4 – нечеткое подмножество состояний "относительного благополучия";
- E_5 – нечеткое подмножество состояний "предельного благополучия";

Соответствующая переменной E лингвистическая переменная G «Риск банкротства» также имеет 5 значений:

- 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".

Носитель множества G – показатель степени риска банкротства g – принимает значения от нуля до единицы по определению.

Для произвольного отдельного финансового или управленческого показателя X_i задаем лингвистическую переменную B_i «Уровень показателя X_i » на нижеследующем терм-множестве значений:

- B_{i1} – подмножество "очень низкий уровень показателя X_i ",
- B_{i2} – подмножество "низкий уровень показателя X_i ",
- B_{i3} – подмножество "средний уровень показателя X_i ",
- B_{i4} – подмножество "высокий уровень показателя X_i ",
- B_{i5} – подмножество "очень высокий уровень показателя X_i ",

На 2-м этапе введем набор отдельных показателей $X = \{X_i\}$ общим числом N , которые, по мнению эксперта-аналитика, с одной стороны, влияют на оценку риска банкротства предприятия, а, с другой стороны, оценивают различные по природе стороны деловой и финансовой жизни предприятия (во избежание

дублирования показателей с точки зрения их значимости для анализа). Примеры выбора системы показателей:

X1 – коэффициент автономии

X2 – коэффициент оборачиваемости всех активов и т.д.

На 3-м этапе сопоставляем каждому показателю X_i уровень его значимости для анализа r_i . Чтобы оценить этот уровень, нужно расположить все показатели по порядку убывания значимости так, чтобы выполнялось правило

$$r_1 \geq r_2 \geq \dots r_N \quad (3)$$

Если система показателей проранжирована в порядке убывания их значимости, то значимость i -го показателя r_i следует определять по правилу Фишберна:

$$r_i = \frac{2(N - i + 1)}{(N + 1)N} \quad (4)$$

Правило Фишберна отражает тот факт, что об уровне значимости показателей неизвестно ничего кроме (4). Тогда оценка (5) отвечает максимуму энтропии наличной информационной неопределенности об объекте исследования, т.е. позволяет лицу, принимающему решение, принимать наилучшие оценочные решения в наихудшей информационной обстановке.

Если же все показатели обладают равной значимостью (равнопредпочтительны или системы предпочтений нет), тогда

$$r_i = \frac{1}{N} \quad (5)$$

На 4-м этапе классифицируем степень риска банкротства. Строим классификатор текущего значения g показателя степени риска как критерий разбиения этого множества на нечеткие подмножества. Этот классификатор является стандартным пятиуровневым классификатором на 01-носителе.

В данной работе для анализа нами были предложены треугольные и трапециевидные функции принадлежности следующего вида:

Трапециевидные ФП

$$\text{ОН:} \quad \mu_1(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 0.1 \\ (0.2 - x)/0.1, & 0.1 \leq x < 0.2 \\ 0, & 0.2 \leq x < 1 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Н:} \quad \mu_2(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.1 \\ (x - 0.1)/0.1, & 0.1 \leq x < 0.2 \\ 1, & 0.2 \leq x < 0.25 \\ (0.3 - x)/0.05, & 0.25 \leq x < 0.3 \\ 0, & 0.3 \leq x < 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{С:} \quad \mu_3(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.25 \\ (x - 0.25)/0.05, & 0.25 \leq x < 0.3 \\ 1, & 0.3 \leq x < 0.45 \\ (0.5 - x)/0.05, & 0.45 \leq x < 0.5 \\ 0, & 0.5 \leq x < 1 \end{cases} \quad (8)$$

$$B: \mu_4(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.45 \\ (x - 0.45) / 0.05, & 0.45 \leq x < 0.5 \\ 1, & 0.5 \leq x < 0.6 \\ (0.7 - x) / 0.1, & 0.6 \leq x < 0.7 \\ 0, & 0.7 \leq x < 1 \end{cases} \quad (9)$$

$$OB: \mu_5(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.6 \\ (x - 0.6) / 0.1, & 0.6 \leq x < 0.7 \\ 1, & 0.7 \leq x < 1 \end{cases} \quad (10)$$

Треугольные ФП

$$OH: \mu_1(x) = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ (0.2 - x) / 0.2, & 0 \leq x < 0.2 \\ 0, & 0.2 \leq x < 1 \end{cases} \quad (11)$$

$$H: \mu_2(x) = \begin{cases} x / 0.2, & 0 \leq x < 0.2 \\ 1, & x = 0.2 \\ (0.4 - x) / 0.2, & 0.2 \leq x < 0.4 \\ 0, & 0.4 \leq x < 1 \end{cases} \quad (12)$$

$$C: \mu_3(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.2 \\ (x - 0.2) / 0.2, & 0.2 \leq x < 0.4 \\ 1, & x = 0.4 \\ (0.6 - x) / 0.2, & 0.4 \leq x < 0.6 \\ 0, & 0.6 \leq x < 1 \end{cases} \quad (13)$$

$$B: \mu_4(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.4 \\ (x - 0.4) / 0.2, & 0.4 \leq x < 0.6 \\ 1, & x = 0.6 \\ (1 - x) / 0.4, & 0.6 \leq x < 1 \end{cases} \quad (14)$$

$$OB: \mu_5(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0.6 \\ (x - 0.6) / 0.4, & 0.6 \leq x < 1 \\ 1, & x = 1 \end{cases} \quad (15)$$

Сопоставив лингвистические переменные «Уровень фактора» (6)-(15) и «Степень риска банкротства предприятия», установим взаимно однозначное соответствие вида табл. 1

Таблица 1.

Соответствие лингвистических переменных

| № | Уровень фактора | Степень риска банкротства предприятия |
|---|-----------------|---------------------------------------|
| 1 | ОН | Запретельная (очень высокая) |
| 2 | Н | Опасная (высокая) |
| 3 | С | Пограничная (средняя) |
| 4 | В | Приемлемая (низкая) |
| 5 | СВ | Незначительная (очень низкая) |

На 5-м этапе классифицируем значения показателей. Сформируем набор классификаторов текущих значений x показателей X , как критерий разбиения полного множества их значений на нечеткие подмножества вида B . При этом в клетках таблицы стоят трапециевидные числа, характеризующие соответствующие функции принадлежности.

Таблица 2.

Классификация степени риска банкротства

| Интервал значений g | Классификация уровня параметров | Степень оценочной уверенности (функция принадлежности) |
|-------------------------|---------------------------------|--|
| $0 \leq g \leq 0,15$ | G5 | 1 |
| $0,15 < g < 0,5$ | G5 | $\mu_5 = 10 * (0,25 - g)$ |
| | G4 | $1 - \mu_5 = \mu_4$ |
| $0,25 \leq g \leq 0,35$ | G4 | 1 |
| $0,35 < g < 0,45$ | G4 | $\mu_4 = 10 * (0,45 - g)$ |
| | G3 | $1 - \mu_4 = \mu_3$ |
| $0,45 \leq g \leq 0,55$ | G3 | 1 |
| $0,55 < g < 0,65$ | G3 | $\mu_3 = 10 * (0,65 - g)$ |
| | G2 | $1 - \mu_3 = \mu_2$ |
| $0,65 \leq g \leq 0,75$ | G2 | 1 |
| $0,75 < g < 0,85$ | G2 | $\mu_2 = 10 * (0,85 - g)$ |
| | G1 | $1 - \mu_2 = \mu_1$ |
| $0,85 \leq g \leq 1$ | G1 | 1 |

На 6-м этапе производим оценку уровней показателей. Для этого оценки текущих уровней показателей сводим в таблицу 3.

Таблица 3.

Текущий уровень показателей

| Наименование показателя | Текущее значение |
|-------------------------|------------------|
| X1 | x1 |
| ... | ... |
| ... | ... |
| Xi | xi |
| ... | ... |
| XN | xN |

7 этап – распознавание уровня показателей на основе набора классификаторов. Результатом проведенной классификации является таблица 4, где λ_{ij} - уровень принадлежности носителя x_i нечеткому подмножеству B_j .

Таблица 4.

Уровни принадлежности носителей нечетким подмножествам

| Наименование показателя | Результат классификации по подмножествам | | | | |
|-------------------------|--|-----|-----|-----|----------------|
| | Bi1 | Bi2 | Bi3 | Bi4 | Bi5 |
| X1 | λ_{11} | ... | ... | ... | λ_{15} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| X_i | λ_{i1} | ... | ... | ... | λ_{i5} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| X_N | λ_{N1} | ... | ... | ... | λ_{N5} |

Тогда степень риска банкротства g :

$$g = \sum_{j=1}^5 g_j \sum_{i=1}^N r_i \lambda_{ij} \quad (16)$$

где

$$g_j = 0.9 - 0.2(j-1) \quad (17)$$

λ_{ij} определяется по таблице 4, а r_i - по формуле (4) либо (4).

Полученное значение сверяют с данными таблицы 2 и делают выводы о степени риска банкротства предприятия.

Экспериментальные исследования

Был проведен сравнительный анализ различных методов оценки риска банкротства предприятия, а именно: оценка риска с помощью методики Альтмана, Давыдовой-Беликова, матричного метода Недосекина. Экспериментальные исследования проводились на основе финансовых данных предприятий Украины 2004-2008 годы.

Для выявления наиболее эффективного метода именно для украинской экономики был проведен анализ полученных результатов. Для этого были рассчитаны средневзвешенные ошибки прогнозирования.

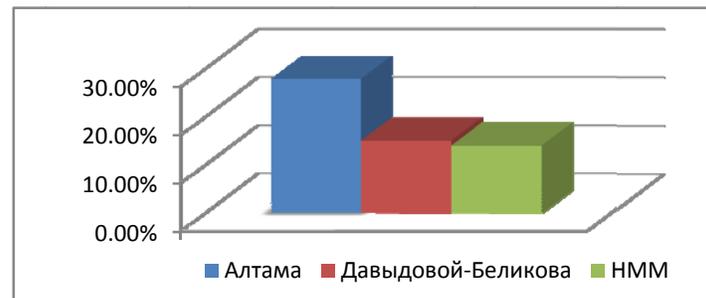


Рис 1. Средневзвешенная ошибка прогнозирования различными методами для 58 компаний (на период 2005 года - за 2 года до банкротства)

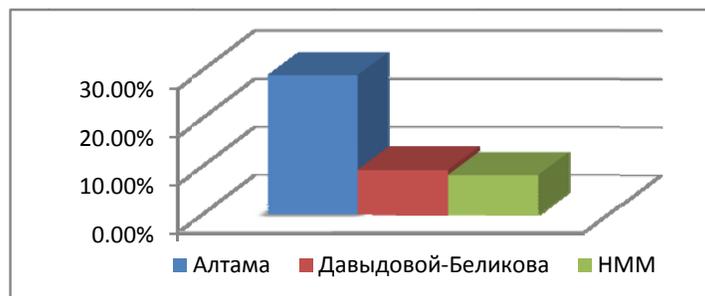


Рис 2. Средневзвешенная ошибка прогнозирования различными методами для 58 компаний (на период 2006 года - за год до банкротства)

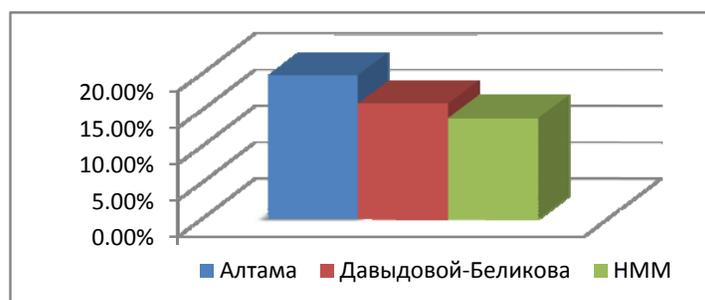


Рис 3. Средневзвешенная ошибка прогнозирования различными методами для 47 компаний (на период 2005 года - за 3 года до банкротства)

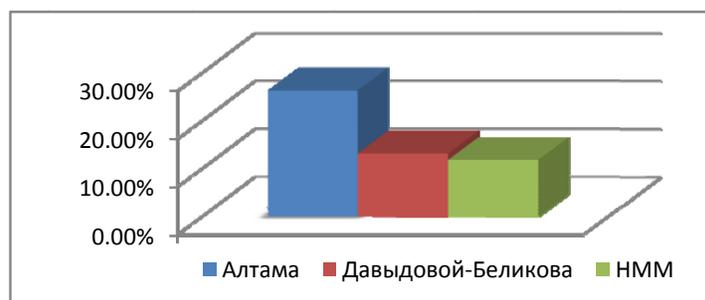


Рис 4. Средневзвешенная ошибка прогнозирования различными методами для 47 компаний (на период 2006 года - за 2 года до банкротства)

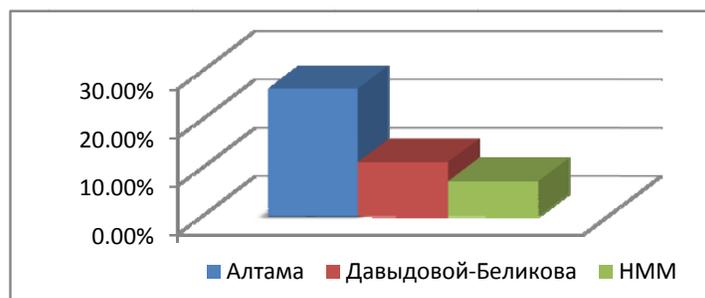


Рис 5. Средневзвешенная ошибка прогнозирования различными методами для 44 компаний (на период 2007 года - за год до банкротства)

Выводы

Лучший результат показал нечеткий матричный метод. Средняя ошибка классификации для рассмотренных групп составила (примерно) 11,2%.

На втором месте стоит метод Давыдовой-Беликова. Средневзвешенная ошибка в целом составляет 12,2%.

Средневзвешенная ошибка метода Альтмана составила 23,7%.

Если ситуация с методикой Альтмана была ожидаемой (ведь известно, что методика разрабатывалась именно для американских компаний), то относительно метода Давыдовой-Беликова, адаптированного к условиям переходной экономики, полученные результаты показывают нецелесообразность применения этой методики для украинских предприятий.

Благодарности

Статья частично финансирована из проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теорий и Приложений FOI ITHEA и консорциума FOIBulgaria (www.ithea.org, www.foibg.com)

Литература

1. Зайченко Ю.П. Основы проектування інтелектуальних систем. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2004. – С. 352
2. Зайченко Ю.П. Нечёткие модели и методы в интеллектуальных системах. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – К.: «Издательский Дом «Слово», 2008. – С. 344
3. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. Підручник. Сьоме видання, перероблене та доповнене. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2006. – С. 816

Информация об авторах

Ольга Юрьевна Прокопенко – аспирант Национального технического университета Украины «КПИ»,
адрес электронной почты: prokopenko.o@gmail.com

Основные сферы научных исследований автора: анализ финансового состояния корпорации в условиях неопределенности