

Научная статья
УДК 336.6:519.87
doi:10.46554/1993-0453-2023-8-226-46-52

Математическое моделирование неисполнения финансовых требований кредиторов компаниями обрабатывающей промышленности

Сергей Иванович Макаров¹, Максим Андреевич Болдырев²

¹ Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия, matmaksii@yandex.ru

² Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка», Самара, Россия, boldyrev673@mail.ru

Аннотация. В работе изучается возможность применения компаниями разработанных авторами моделей оценки риска неисполнения финансовых обязательств по облигациям перед кредиторами. Исследована применимость известных моделей анализа финансовой устойчивости компании к оценке данного риска. Проведен анализ эффективности указанных математических моделей. Разработаны интервальные оценки финансовой устойчивости компании. Отмечено, что эти операции позволяют увеличить эффективность моделирования исследуемого риска неисполнения финансовых требований кредиторов.

Ключевые слова: неисполнение финансовых требований кредиторов, финансовая устойчивость компании, метод статистических гипотез, математическое моделирование

Основные положения:

- ◆ разработанные авторами математические модели оценки финансовой устойчивости компаний – logit-модель (2018), probit-модель (2018), logit-модель (2022) – применимы к оценке риска несоблюдения финансовых обязательств перед кредиторами;
- ◆ модель Э. Альтмана, шестифакторная модель В.Е. Рыгина, пятифакторная модель Е.А. Федоровой и Е.В. Гиленко также могут быть применимы к оценке риска, эффективность моделирования по ним не превышает 75%;
- ◆ применение интервальных оценок моделей позволяет увеличить эффективность моделирования данного риска до 81%.

Для цитирования: Макаров С.И., Болдырев М.А. Математическое моделирование неисполнения финансовых требований кредиторов компаниями обрабатывающей промышленности // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2023. № 8 (226). С. 46–52. doi:10.46554/1993-0453-2023-8-226-46-52.

Original article

Mathematical modeling of non-fulfillment of creditors' financial claims by manufacturing companies

Sergey I. Makarov¹, Maxim A. Boldyrev²

¹ Samara State University of Economics, Samara, Russia, matmaks@yandex.ru

² Samara University of Public Administration "International Market Institute", Samara, Russia, boldyrev673@mail.ru

Abstract. The paper examines the possibility of companies using models developed by the authors to assess the risk of non-fulfillment of financial obligations under bonds to creditors. The applicability of well-known models of the financial stability analysis of the company to the assessment of this risk is investigated. The analysis of the effectiveness of these mathematical models is carried out. Interval estimates of the financial stability of the company have been developed. It is noted that these operations will increase the effectiveness of modeling the studied risk of non-fulfillment of creditors' financial claims.

Keywords: non-fulfillment of creditors' financial claims, financial stability of the company, method of statistical hypotheses, mathematical modeling

Highlights:

- ◆ the mathematical models developed by the authors for assessing the financial stability of companies – logit model (2018), probit model (2018), logit model (2022) – are applicable to assessing the risk of non-compliance with financial obligations to creditors;
- ◆ the model of E. Altman, the six-factor model of V.E. Rygin, the five-factor model of E.A. Fedorova and E.V. Gilenko can also be applied to risk assessment, the modeling efficiency for them does not exceed 75%;
- ◆ the use of interval estimates of models makes it possible to increase the effectiveness of modeling this risk up to 81%.

For citation: Makarov S.I., Boldyrev M.A. Mathematical modeling of non-fulfillment of creditors' financial claims by manufacturing companies // Vestnik of Samara State University of Economics. 2023. No. 8 (226). Pp. 46–52. (In Russ.). doi:10.46554/1993-0453-2023-8-226-46-52.

Введение

Моделирование риска неисполнения финансовых обязательств является инструментом снижения кредитного риска коммерческих банков, а также инструментом определения оптимальных поставщиков продукции, корпоративных клиентов, которым компания предоставляет возможность оплаты продукции на условиях рассрочки платежей.

Целью настоящей работы является анализ эффективности разработанных нами математических моделей, а также сравнение их с другими известными моделями [1; 2; 3, с. 479].

Методы

Прогнозируемым риском может выступать банкротство компании или неисполнение финансовых требований кредиторов [4]. По

нашему мнению, целесообразным является не математическое моделирование риска банкротства компании, а моделирование риска неисполнения требований кредиторов по финансовым обязательствам компаний обрабатывающей промышленности России.

Если организация по итогам применения мероприятий финансового оздоровления не может исполнить финансовые обязательства, применяется конкурсное производство, при котором реализуется имущество должника с целью исполнения финансовых обязательств организации. Только тогда компания признается банкротом.

Таким образом, непосредственным экономическим результатом снижения финансовой устойчивости компании является неисполнение компанией финансовых требований

Таблица 1

Анализ эффективности моделирования риска

Математическая модель	$K_э$
Модель Ж. Лего	0,75
Модель Э. Альтмана	0,75
Модель М. Змиевского	0,74
Logit-модель (2018)	0,71
Модель Р. Лиса	0,69
Модель Г. Спрингейта	0,68
Probit-модель (2018)	0,63
Модель Е.А. Федоровой, Е.В. Гиленко	0,62
Logit-модель (2022)	0,61
Модель Д. Чессера	0,6
Модель В.Е. Рыгина	0,6
Модель Р. Таффлера	0,56

кредиторов. Поэтому мы считаем целесообразным прогнозирование не банкротства компании, а неисполнение финансовых требований кредиторов.

Исследуемая выборка включает компании России, относящиеся к классификационной группе ОКВЭД «Обрабатывающие производства» [5; 6].

Расчет оценки риска с использованием булевых переменных по разработанной нами в 2022 г. трехшаговой методике [2] имеет вид:

$$R = 1 - \frac{e^Z}{1+e^Z};$$

$$Z = -1,14 + 0,04 \frac{K_i + ДО_i - ВА_i}{СК_i} + 0,38 \frac{B_i - B_{i-1}}{B_{i-1}} -$$

$$-0,31 \frac{\text{Проц}_i - \text{Проц}_{i-1}}{\text{Проц}_{i-1}} + \frac{\text{ЧП}_i + \text{ЧП}_{i-1}}{КО_{i-1} + КО_{i-1}} +$$

$$+ 0,92k_{\text{клп}} + 1,51k_{\text{кпп}},$$

где

$$k_{\text{клп}} = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{ЧП}_i > \text{ЧП}_{i-1}, \\ 0 & \text{в других случаях;} \end{cases}$$

$$k_{\text{кпп}} = \begin{cases} 1, & \text{если } (СК_i > 3K_i) \text{ OR } (B_i > 3K_i), \\ 0 & \text{в других случаях.} \end{cases}$$

Использование в математической модели булевых переменных позволило улучшить прогностические свойства разработанных ранее logit- и probit-моделей [2].

Была исследована применимость известных моделей финансовой устойчивости: пятифакторная модель Э. Альтмана, шестифакторная модель В.Е. Рыгина, пятифакторная модель Е.А. Федоровой и Е.В. Гиленко [4] и др.

Применимость анализируемых математических моделей к исследованию риска, определенных с помощью критерия Стьюдента, приведены в табл. 1.

При анализе статистических гипотез исследуется возможность применения гипотезы H_1 на статистическом уровне значимости 95% и 90% [7]. В рамках настоящей работы математическая модель считается нами применимой к оценке риска, если вероятность применимости модели, оцененная с помощью критерия Стьюдента, превышает 85%.

Произведен расчет интервальных оценок анализируемых в данной работе моделей, адаптированных к оценке исследуемого риска.

Определяются диапазоны значений итогового индикатора исследуемых математических моделей, соответствующие интервальным оценкам значительной, а также низкой вероятности неисполнения финансовых требований кредиторов.

Диапазоном неопределенности является диапазон значений итогового индикатора модели, на основании которых невозможно определить значительный или незначительный риск неисполнения финансовых требований кредиторов компаниями обрабатывающей промышленности России.

Результаты

Исследуется применимость рассматриваемых математических моделей к оценке риска несоблюдения финансовых обязательств перед кредиторами. Вероятность применимости всех разработанных нами математических моделей превышает 99% согласно критерию Стьюдента.

Повышение эффективности моделирования может быть обеспечено интервальными

Таблица 2

Интервальные оценки анализируемых математических моделей, адаптированные к исследованию риска несоблюдения финансовых обязательств перед кредиторами

Математическая модель	Риск неисполнения требований кредиторов			k _э
	Незначительный риск	Диапазон неопределенности	Значительный риск	
Модель Г. Спрингейта	Z > 1,8	-	Z < 1,8	0,81
Модель Э. Альтмана	Z > 2,96	-	Z < 2,96	0,79
Logit-модель (2022)	R < 0,32	-	R > 0,32	0,75
Модель Д. Чессера	P < 0,01	-	P > 0,01	0,74
Модель Р. Таффлера	Z > 0,63	-	Z < 0,63	0,72
Logit-модель (2018)	R < 0,5	-	R > 0,5	0,71
Модель М. Змиевского	P < 0,5	[0,5; 0,75]	P > 0,75	0,71
Модель Р. Лиса	Z > 0,07	-	Z < 0,07	0,71
Probit-модель (2018)	R < 0,25	-	R > 0,38	0,68
Модель Е.А. Федоровой, Е.В. Гиленко	P < 0,11	[0,11; 0,16]	P > 0,16	0,66
Модель Ж. Лего	Z > 0,43	[-1,8; 0,43]	Z < -1,8	0,6

оценками рассматриваемых моделей, которые адаптированы к оценке риска.

Интервальные оценки анализируемых математических моделей, соответствующие значительной, а также незначительной вероятности неисполнения финансовых требований кредиторов, приведены в табл. 2. Также в ней представлены значения коэффициента эффективности моделирования k_э, характеризующие разработанные интервальные оценки.

Таким образом, применение адаптированных интервальных оценок исследуемого риска, приведенных в табл. 2, позволяет увеличить эффективность моделирования данного риска с помощью модели Г. Спрингейта, модели Э. Альтмана, модели Д. Чессера, разработанной нами logit-модели (2022 г.), модели Р. Таффлера, модели Р. Лиса, созданной нами probit-модели (2018 г.), модели Е.А. Федоровой, Е.В. Гиленко, модели Ж. Лего.

Обсуждение

В данной работе проведена сравнительная характеристика эффективности различных подходов к моделированию риска несоблюдения финансовых обязательств перед кредиторами.

На рис. 1 приведены математические модели, имеющие существенный коэффициент эффективности моделирования k_э > 0,7.

Согласно полученным данным, эффективность исходных интервальных оценок моделирования риска не превышает 75%. Наиболь-

шую эффективность моделирования характеризуют исходные интервальные оценки модели Ж. Лего, модели Э. Альтмана, модели М. Змиевского, разработанной нами в 2018 г. logit-модели.

Разработанная нами в 2022 г. logit-модель [2] характеризуется значением коэффициента эффективности k_э = 0,85, или 85%. Эффективность моделирования данного риска с помощью разработанных нами в 2018 г. logit- и probit-моделей – 79...80%. Таким образом, эффективность разработанных математических моделей снижается. Снижение эффективности моделирования определяется различием структуры выборок, используемых при анализе рисков. В исследовании использовались данные по предприятиям крупного бизнеса, разместивших свои облигации на Московской бирже. Основное количество компаний выборки обрабатывающей промышленности России, исследуемой в настоящей работе, – компании среднего и малого бизнеса.

В данном исследовании разработаны интервальные оценки финансовой устойчивости компаний, адаптированные к расчету уровня риска неисполнения финансовых обязательств перед кредиторами. Математические модели, характеризующиеся коэффициентом эффективности моделирования k_э > 0,7, приведены на рис. 2.

Наибольшими значениями коэффициента эффективности моделирования k_э характери-

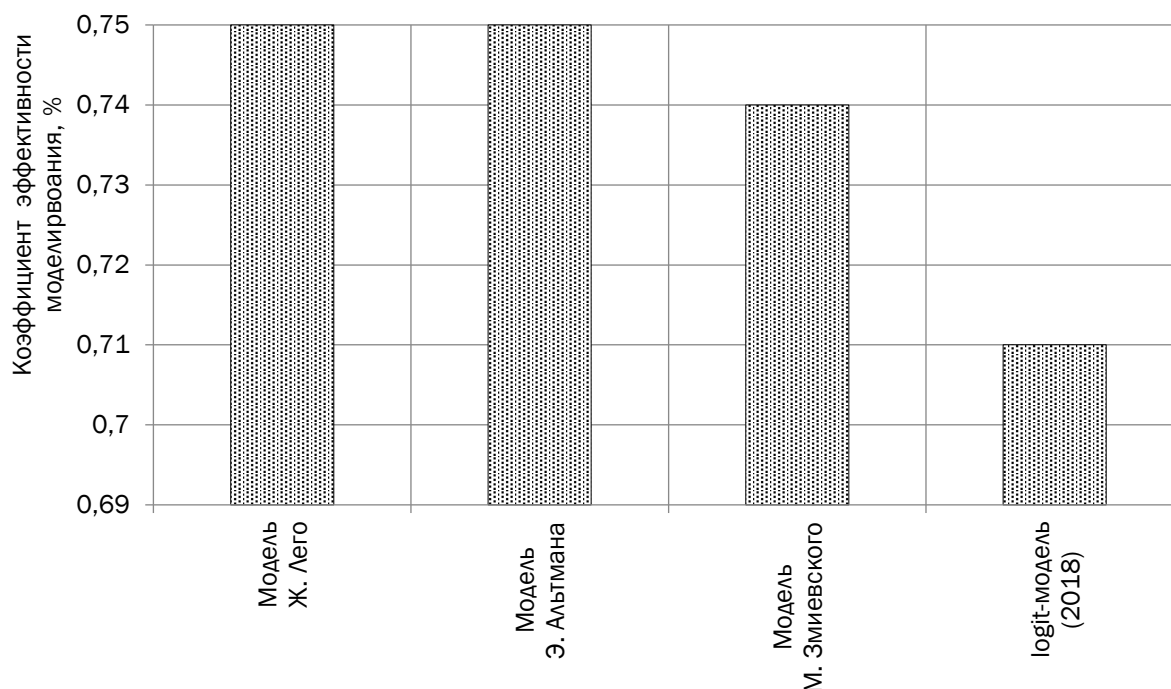


Рис. 1. Сравнительная характеристика эффективности различных подходов к моделированию риска неисполнения финансовых требований кредиторов

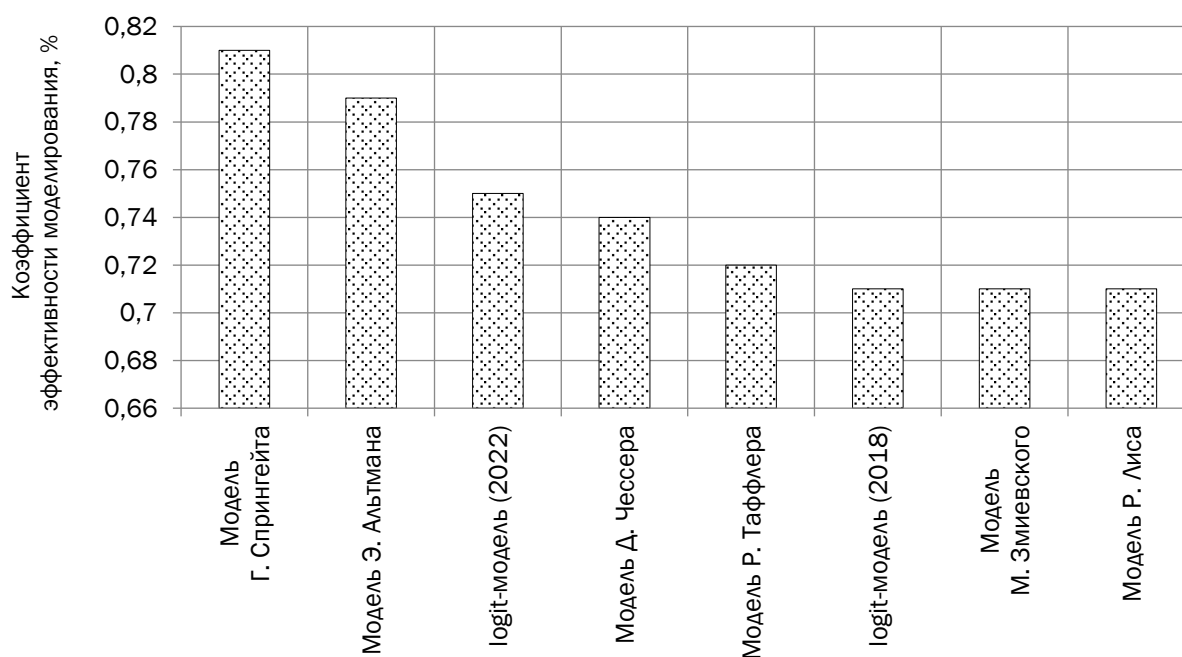


Рис. 2. Эффективность разработанных интервальных оценок рисков сбоев по выплатам кредиторам

зуются адаптированные интервальные оценки модели Г. Спрингейта, модели Э. Альтмана, logit-модели, включающей булевы переменные, разработанной нами в 2022 г., модели Д. Чессера, модели Р. Таффлера. Эффективность моделирования исследуемого риска с помощью адаптированных интервальных оценок

модели Г. Спрингейта и модели Э. Альтмана превышает 75%.

Применение адаптированных интервальных оценок позволяет увеличить эффективность разработанных нами математических моделей. Наибольшим значением коэффициента эффективности моделирования $k_3 = 0,75$

характеризуются адаптированные интервальные оценки разработанной нами в 2022 г. logit-модели, включающей логические переменные.

Заключение

Получены адаптированные интервальные оценки рисков финансовых сбоев по выпла-

там кредиторам компаниями России, что позволило увеличить эффективность моделирования данного риска с помощью исследуемых моделей. Разработанная методика может быть применена к широкому кругу задач, касающихся ранжирования рисков по невыплате задолженности кредиторам различными компаниями.

Список источников

1. Дуплякин В.М., Болдырев М.А. Статистическая оценка риска неисполнения обязательств компаний по облигациям на примере ПАО «Соломенский лесозавод» // Прикладная математика и вопросы управления. 2019. № 3. С. 161–179.
2. Болдырев М.А. Математическая модель риска неисполнения обязательств компаний на биржевом рынке, включающая логические переменные // Оригинальные исследования. 2022. Т. 12, № 12. С. 140–146.
3. Makarov S.I., Boldyrev M.A. Application of bool variables in analysis of risks in the bond market // Digital Technologies in the New Socio-Economic Reality / S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko (eds.). Cham : Springer, 2022. Pp. 479–488. (Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 304).
4. Казаков А.В., Колышкин А.В. Разработка моделей прогнозирования банкротства в современных российских условиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2018. Т. 34, вып. 2. С. 241–266.
5. О несостоятельности (банкротстве) : федер. закон от 26.10.2002 № 127-ФЗ. URL: <https://base.garant.ru/185181> (дата обращения: 20.07.2023).
6. ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности : утв. приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320 (дата обращения: 20.07.2023).
7. СБИС : [сеть деловых коммуникаций]. URL: <https://sbis.ru> (дата обращения: 15.04.2023).

References

1. Duplyakin V.M., Boldyrev M.A. Statistical assessment of the bonds default risk by example of PJSC "Solomenskii Lesozavod" // Applied mathematics and management issues. 2019. No. 3. Pp. 161–179.
2. Boldyrev M.A. Mathematical model of default risk of companies in the securities market, including logical variables // Original Researches. 2022. Vol. 12, No. 12. Pp. 140–146.
3. Makarov S.I., Boldyrev M.A. Application of bool variables in analysis of risks in the bond market // Digital Technologies in the New Socio-Economic Reality / S.I. Ashmarina, V.V. Mantulenko (eds.). Cham : Springer, 2022. Pp. 479–488. (Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 304).
4. Kazakov A.V., Kolyshkin A.V. Development of bankruptcy forecasting models in modern Russian conditions // Bulletin of St. Petersburg University. Economy. 2018. Vol. 34, Issue 2. Pp. 241–266.
5. On insolvency (bankruptcy) : federal law No. 127-FZ dated 26.10.2002. URL: <https://base.garant.ru/185181> (date of access: 20.07.2023).
6. ОК 029-2014 (KDES Ed. 2). The All-Russian classifier of types of economic activity : approved by the order of Rosstandart dated 31.01.2014 No. 14-st). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320 (date of access: 20.07.2023).
7. SBIS : [business communications network]. URL: <https://sbis.ru> (date of access: 15.04.2023).

Информация об авторах

С.И. Макаров – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры статистики и эконометрики Самарского государственного экономического университета;

М.А. Болдырев – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и кадастра института экономики и права Самарского государственного университета государственного управления «Международный институт рынка».

Information about the authors

S.I. Makarov – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Statistics and Econometrics of Samara State University of Economics;

M.A. Boldyrev – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Cadastre of the Institute of Economics and Law of Samara University of Public Administration "International Market Institute".

Статья поступила в редакцию 01.10.2023; одобрена после рецензирования 04.10.2023; принята к публикации 06.10.2023.

The article was submitted 01.10.2023; approved after reviewing 04.10.2023; accepted for publication 06.10.2023.