

УДК 336.764

***АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКА  
НЕИСПОЛНЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ КОМПАНИЙ РОССИИ  
ПО ОБЛИГАЦИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ С  
ПОМОЩЬЮ ТРЕХШАГОВОЙ МЕТОДИКИ***

***Болдырев М.А.****к.э.н., преподаватель,**АНО ВО Университет «МИР»,**Самара, Россия***Аннотация**

Приведены logit-модель и probit-модель оценки риска дефолта компаний России по ценным бумагам, разработанные с применением трехшаговой методики. Проведен анализ эффективности моделирования риска дефолта компаний по России по ценным бумагам с помощью разработанных logit-модели и probit-модели. Исследована зависимость эффективности моделирования риска дефолта компаний России по облигациям от применяемых интервальных оценок высокого и низкого риска дефолта компаний России по ценным бумагам. Определены оптимальные интервальные оценки высокого и низкого риска дефолта компаний по облигациям, обеспечивающие наибольшую эффективность моделирования риска дефолта компаний России по облигациям с помощью разработанных logit-модели и probit-модели.

**Ключевые слова:** неисполнение обязательств, logit-модель, probit-модель, риск, облигация.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

***ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MODELING THE RISK OF NON-FULFILLMENT OF OBLIGATIONS OF RUSSIAN COMPANIES ON BONDS USING MODELS DEVELOPED WITH A THREE-STEP METHOD***

***Boldyrev M.A.***

*PhD, teacher,*

*ANO HE University «MIR»,*

*Samara, Russia*

**Annotation**

Logit-model and probit-model for assessing the risk of default of Russian companies on securities, developed using a three-step method, are presented. The analysis of effectiveness of modeling the risk of default of Russian companies on securities using the developed logit-model and probit-model is conducted. The dependence of the effectiveness of modeling the risk of default of Russian companies on bonds on the applied interval estimates of high and low risk of default of Russian companies on securities is investigated. Optimal interval estimates of high and low risk of default of companies on bonds have been determined, which provide the most effective modeling of the risk of default of Russian companies on bonds using the developed logit-model and probit-model.

**Keywords:** non-fulfillment of obligations, logit model, probit model, risk, bond.

Оценка риска неисполнения эмитентом обязательств по ценным бумагам – одна из важнейших задач физических лиц и компаний, решаемых при принятии решения об инвестировании средств в ценные бумаги.

В работе [1] нами предложены logit-модель и probit-модель [2] оценки риска неисполнения обязательств компаний России по ценным бумагам, разработанные с применением трехшаговой методики. Исследована выборка 96 Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

компаний России [3], из которых 48 компаний допустили неисполнение обязательств по ценным бумагам в течение года после даты, на которую анализируется бухгалтерская отчетность; другие 48 компаний полностью исполнили финансовые обязательства по ценным бумагам. Согласно разработанной методике, анализ достоверности моделей предполагает исследование применимости моделей (используются критерий Стьюдента, критерий Уилкоксона, критерий Манна-Уитни и критерий Крускала-Уоллиса [4]) и исследование эффективности моделирования (определяется доля компаний исследуемой выборки, для которых однозначно и правильно определен уровень риска дефолта по ценным бумагам). Результатом использования разработанных моделей является количественная оценка риска дефолта компании по облигациям. При этом каждый инвестор определяет уровень приемлемого риска; чем выше риск инвестирования, тем выше возможная доходность ценных бумаг.

Применение разработанных моделей предполагает также качественную оценку риска дефолта компании по облигациям. Определяются интервальные оценки высокого и низкого риска дефолта компании по облигациям [1]. Используемые границы интервальных оценок риска высокого и низкого риска дефолта эмитента являются одним из факторов, определяющих долю компаний исследуемой выборки, для которых однозначно и правильно определен уровень риска дефолта по ценным бумагам, то есть эффективность моделирования.

Целью данной работы является определение оптимальных интервальных оценок высокого и низкого риска дефолта компаний по облигациям для разработанных logit-модели и probit-модели. Такие интервальные оценки определяют уровень наибольшей эффективности моделирования.

При использовании разработанной logit-модели, учитывающий финансовые индикаторы работы компании в отчетном году  $t$  и в году,

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

предшествующем отчетному,  $t-1$ , вероятность неисполнения обязательств российских компаний по ценным бумагам  $R$  определяется по формуле [1]

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

$$Z_{lg} = -1,53 + 1,1 \frac{B}{A} + 1,12 \frac{СК}{ВА} + 0,13 \frac{СК-ВА}{ОА} - 0,69 \frac{Проц_t - Проц_{t-1}}{Проц_{t-1}} + 1,1 \frac{B_t - B_{t-1}}{B_{t-1}} + \frac{ППР_t + ППР_{t-1}}{B_t + B_{t-1}} + 3,86 \frac{ЧП_t + ЧП_{t-1}}{C_t + C_{t-1}} + 1,68 \frac{ЧП_t + ЧП_{t-1}}{КО_t + КО_{t-1}}, \quad (1)$$

где  $B$  – величина выручки компании,

$A$  – величина активов компании,

$СК$  – величина собственного капитала компании,

$ВА$  – величина внеоборотных активов компании,

$ОА$  – величина оборотных активов компании,

$Проц$  – проценты к уплате,

$ППР$  – прибыль компании от продаж,

$ЧП$  – чистая прибыль компании,

$C$  – себестоимость продаж,

$КО$  – величина краткосрочных обязательств.

При использовании разработанной probit-модели вероятность неисполнения обязательств российских компаний по ценным бумагам  $R$  определяется по формуле [1]

$$R = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$Z_{pb} = -1,07 + 1,13 \frac{B}{A} + 0,04 \frac{СК}{ВА} - 0,19 \frac{Проц_t - Проц_{t-1}}{Проц_{t-1}} + 0,61 \frac{B_{t-1} - B_{t-1}}{B_{t-1}} - 0,02 \frac{Y_t + Y_{t-1}}{Y_{t-1}} + 1,48 \frac{ППР_t + ППР_{t-1}}{B_t + B_{t-1}} + 2,75 \frac{ЧП_t + ЧП_{t-1}}{C_t + C_{t-1}} + 1,01 \frac{ЧП_t + ЧП_{t-1}}{КО_t + КО_{t-1}}, \quad (2)$$

где  $Y$  – величина убытка компании.

В работе [1] проведен анализ применимости разработанных моделей к оценке риска дефолта компаний России по облигациям. Используются

критерий Стьюдента, критерий Уилкоксона, критерий Крускала – Уоллиса и критерий Манна – Уитни [4]. Согласно всем приведенным критериям, вероятность применимости разработанной logit-модели  $p > 99\%$ ; вероятность применимости разработанной probit-модели к оценке риска дефолта компаний России по ценным бумагам также характеризуется интервалом значений  $p > 99\%$ .

Проводится анализ эффективности моделирования риска дефолта компаний России по ценным бумагам с применением разработанных моделей. Исследуется выборка 96 компаний России, разместивших облигации на биржевом рынке [3].

Применяется индекс эффективности моделирования, рассчитываемый по формуле

$$I_{эф} = \frac{M}{N} * 100, \quad (3)$$

где  $M$  – количество компаний, для которых с помощью модели однозначно и правильно определена высокая или низкая степень риска неисполнения обязательств на рынке ценных бумаг,

$N$  – общее количество стабильных и “нестабильных” компаний в выборке.

Проводится анализ вероятности совершения ошибок первого и второго рода [5] при применении разработанных моделей к оценке риска дефолта компаний России по ценным бумагам.

Ошибка первого рода – это не принятое в результате применения модели правильное решение. Ошибка первого рода совершается, если стабильная компания в результате применения модели классифицируется как “нестабильная”, т.е. решение об инвестировании средств не принимается. Рассчитывается индекс ошибок первого рода  $I_1$ , определяющий долю стабильных компаний в выборке, которые классифицируются в результате использования модели как “нестабильные”:

$$I_1 = \frac{K_1}{N} * 100, \quad (4)$$

где  $K_1$  – количество стабильных компаний, которые классифицируются как “нестабильные” при использовании модели.

Ошибка второго рода – это принятое в результате использования модели неправильное решение. Ошибка второго рода совершается, если в результате применения модели “нестабильная” компания классифицируется как стабильная, т.е. принимается решение об инвестировании средств в облигации “нестабильной” компании.

Рассчитывается индекс ошибок второго рода  $I_2$ , определяющий долю “нестабильных” компаний в выборке, которые классифицируются в результате использования модели как стабильные:

$$I_2 = \frac{K_2}{N} * 100, \quad (5)$$

где  $K_2$  – количество “нестабильных” компаний, которые классифицируются как стабильные при использовании модели.

Значения индекса ошибок первого рода  $I_1$ , индекса ошибок второго рода  $I_2$  и индекса эффективности моделирования  $I_{эф}$ , характеризующие эффективность моделирования риска дефолта компаний России по облигациям с помощью разработанной logit-модели (1) при различных вариантах интервальных оценок высокого и низкого риска дефолта компаний, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Анализ достоверности разработанной logit-модели

| Качественная оценка вероятности неисполнения обязательств и соответствующий интервал значений переменной $R$ |         | Индекс ошибок первого рода, $I_1$ , % | Индекс ошибок второго рода, $I_2$ , % | Индекс эффективности моделирования, $I_{эф}$ , % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Низкая                                                                                                       | Высокая |                                       |                                       |                                                  |
| [0; 25)                                                                                                      | (25; 1] | 19                                    | 2                                     | 79                                               |
| [0; 30)                                                                                                      | (30; 1] | 15                                    | 4                                     | 81                                               |
| [0; 35)                                                                                                      | (35; 1] | 11                                    | 4                                     | 85                                               |
| [0; 40)                                                                                                      | (40; 1] | 9                                     | 5                                     | 86                                               |

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

|         |         |   |    |    |
|---------|---------|---|----|----|
| [0; 45) | (45; 1] | 7 | 7  | 86 |
| [0; 50) | (50; 1] | 5 | 9  | 86 |
| [0; 55) | (55; 1] | 5 | 13 | 82 |
| [0; 60) | (60; 1] | 3 | 14 | 83 |
| [0; 65) | (65; 1] | 3 | 15 | 82 |
| [0; 70) | (70; 1] | 3 | 16 | 81 |
| [0; 75) | (75; 1] | 2 | 19 | 79 |

Согласно данным таблицы 1, наибольшие значения индекса эффективности моделирования  $I_{эф} = 86\%$  соответствуют нижним границам интервальной оценки высокой вероятности исполнения обязательств  $R = 0,5$ ;  $R = 0,45$ ;  $R = 0,4$ . При этом использование в качестве нижней границы интервальной оценки высокой вероятности неисполнения обязательств  $R = 0,4$  обеспечивает низкую вероятность ошибки второго рода –  $I_2 = 5\%$ .

Ошибка первого рода может привести к недополучению инвестором прибыли, если не принимается решение об инвестировании средств в облигации стабильной компании, т.к. данная компания классифицируется в результате применения модели как “нестабильная”. Ошибка второго рода может привести к убыткам при инвестировании, если принимается решение об инвестировании средств в облигации “нестабильной” компании, т.к. данная компания классифицируется в результате применения модели как стабильная.

По нашему мнению, при применении разработанной logit-модели целесообразно использовать в качестве нижней границы интервальной оценки высокой вероятности неисполнения обязательств компаний по ценным бумагам значение  $R = 0,4$ , так как при этом обеспечивается наибольшее значение индекса эффективности моделирования  $I_{эф} = 86\%$  и низкая вероятность получения убытков при инвестировании  $I_2 = 5\%$ .

Значения индекса ошибок первого рода  $I_1$ , индекса ошибок второго рода  $I_2$  и индекса эффективности моделирования  $I_{эф}$ , характеризующие эффективность моделирования риска дефолта компаний России по облигациям с помощью разработанной probit-модели (2) при различных вариантах Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

интервальных оценок высокого и низкого риска дефолта компаний, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Анализ достоверности разработанной logit-модели

| Качественная оценка вероятности исполнения обязательств и соответствующий интервал значений переменной R |         | Индекс ошибок первого рода, $I_1$ , % | Индекс ошибок второго рода, $I_2$ , % | Индекс эффективности моделирования, $I_{эф}$ , % |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Низкая                                                                                                   | Высокая |                                       |                                       |                                                  |
| [0; 25)                                                                                                  | (25; 1] | 29                                    | 1                                     | 70                                               |
| [0; 30)                                                                                                  | (30; 1] | 22                                    | 2                                     | 76                                               |
| [0; 35)                                                                                                  | (35; 1] | 18                                    | 2                                     | 80                                               |
| [0; 40)                                                                                                  | (40; 1] | 10                                    | 5                                     | 85                                               |

Продолжение таблицы 2

|         |         |   |    |    |
|---------|---------|---|----|----|
| [0; 45) | (45; 1] | 9 | 7  | 84 |
| [0; 50) | (50; 1] | 6 | 10 | 84 |
| [0; 55) | (55; 1] | 6 | 15 | 79 |
| [0; 60) | (60; 1] | 3 | 18 | 79 |
| [0; 65) | (65; 1] | 1 | 18 | 81 |
| [0; 70) | (70; 1] | 0 | 24 | 76 |
| [0; 75) | (75; 1] | 0 | 25 | 75 |

Согласно данным таблицы 2, наибольшие значения индекса эффективности моделирования  $I_{эф} = 84...85\%$  соответствуют нижним границам интервала высокой вероятности неисполнения обязательств  $R = 0,5$ ;  $R = 0,45$ ;  $R = 0,4$ . При этом использование в качестве нижней границы интервальной оценки высокой вероятности исполнения обязательств  $R = 0,4$  обеспечивает низкую вероятность ошибки второго рода –  $I_2 = 5\%$ .

По нашему мнению, при применении разработанной probit-модели целесообразно использовать в качестве нижней границы интервальной оценки высокой вероятности исполнения обязательств компаний по ценным бумагам значение  $R = 0,4$ .

Таким образом, проведен анализ эффективности моделирования риска дефолта компаний России по облигациям с помощью разработанных logit-

модели (1) и probit-модели (2). Определены оптимальные интервальные оценки высокой и низкой вероятности неисполнения обязательств по облигациям.

### **Библиографический список:**

1. Дуплякин, В.М. Статистическая оценка риска неисполнения обязательств компаний по облигациям на примере ПАО «Соломенский лесозавод» / В.М. Дуплякин, М.А. Болдырев // Прикладная математика и вопросы управления. – 2019. – №3. – С. 161 – 179.

2. Елисеева, И.И. Эконометрика: учебник / И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева и др.: под. ред. И.И. Елисеевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 576 с.

3. Официальный сайт ПАО «Московская биржа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moex.com/> (дата обращения: 4.08.2019 г.).

4. Рублева, Г.В. Математическая статистика: статистические критерии проверки гипотез. Учебно-методическое пособие для студентов очной формы обучения технических и инженерных специальностей / Г.В. Рублева. - Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. - 50 с.

5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М., Высшая школа, 2003. – 479 с.

*Оригинальность 75%*