

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ БАНКРОТСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.С. Стельмах

Аннотация. Отмечено, что в развитии предприятий промышленности всегда присутствует вероятность наступления кризиса, поэтому для непрерывного и устойчивого функционирования необходима разработка превентивных инструментов, способных заблаговременно прогнозировать кризисные процессы. Разработана модель оценки банкротства на основе аппарата логистической регрессии для устойчивого развития отечественных предприятий промышленности. Исследование проведено на примере фармацевтической отрасли, а методика разработки и апробации может быть применена в других отраслях промышленности. Разработанная модель способна прогнозировать вероятность банкротства предприятий фармацевтической промышленности за два года до его наступления.

Ключевые слова: антикризисное управление, моделирование, логистическая регрессия, вероятность банкротства, корреляционно-регрессионный анализ, метод исключения, промышленные предприятия, фармацевтическая отрасль.

ВВЕДЕНИЕ

Кризисные процессы должны оперативно обнаруживаться в целях их предотвращения и сохранения функционирования промышленных предприятий, так как ранняя идентификация кризиса способствует минимизации потерь в ходе управления [1]. Целесообразно для идентификации кризиса применять модели оценки банкротства, но методическая проблема такого процесса заключается в учете отраслевых особенностей. Игнорирование такой информации может привести к некорректной оценке и, как следствие, к ускоренному развитию кризисных процессов на предприятиях [2]. В настоящей статье в качестве объекта исследования выбраны фармацевтические предприятия. Выбор фармацевтической промышленности обусловлен интенсивным развитием отрасли, ее стратегическим значением для государства, населения и отсутствием в настоящее время инструментария для оценки банкротства в данной отрасли [3].

Для определения функционального вида связей между индикаторами экономического состояния и степенью банкротства предприятия применяются методы корреляционно-регрессионного анализа. Для оценки банкротства наиболее распространены

методы, основанные на дискриминантном анализе и логистической регрессии.

Первые исследования оценки банкротства на основе дискриминантного анализа приведены в работе [4]. Отмечалось, что базовое условие применения такого анализа для моделирования состоит в подчинении дискриминантных переменных многомерному нормальному закону, а модель представляет собой зависимость вероятности банкротства от базовых финансовых коэффициентов предприятия. При этом в определенных выборках по предприятиям-банкротам нормальное распределение сложно определить либо оно вообще не выполняется [5–7]. Кроме того, при расчете интегрального показателя в моделях зарубежных [7–9] и российских [10–13] экономистов присутствует интервал неопределенности, при попадании в который невозможно сделать однозначное заключение о вероятности банкротства предприятия.

В исследованиях [14–16] при разработке логистических моделей оценки банкротства (логит-модели, англ. *logit models*) отсутствует проблема «неопределенности», так как рассчитывается значения непрерывной зависимой переменной, которая принимает значения в интервале от нуля до единицы. Для создания таких моделей необходим массив данных и по предприятиям, которые при-

знаны банкротами, и по успешно функционирующим предприятиям [17–20]. Таким образом, логит-модели дают возможность анализировать зависимость между индикаторами экономического состояния предприятия и его вероятностью банкротства, а другие модели только относят предприятие к определенной группе по степени банкротства. Логит-модели не только относят предприятие в группу, но и позволяют количественно определить вероятность банкротства, тем самым являясь более гибкими, чем их аналогии.

Несмотря на преимущества моделей на основе логистической регрессии, в работах [20–23] отмечаются определенная субъективность при расчете порога вероятности банкротства и присутствие мультиколлинеарности предикторов, являющейся фактором снижения точности модели. Такая проблема обусловлена особенностями национальной учетной политики и отраслевыми аспектами.

Цель настоящей статьи — разработка и апробация новой модели оценки банкротства, адаптированной к российским фармацевтическим предприятиям.

1. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ БАНКРОТСТВА

При оценке банкротства с помощью логит-модели предполагается оценка вероятности банкротства в зависимости от показателей деятельности предприятия. Сама природа такой модели заключается в наличии линейной зависимости между натуральным логарифмом интегрального показателя экономического состояния (отклика) и линейной комбинацией показателей функционирования предприятия [14, 21]:

$$\ln \frac{S}{1-S} = a_0 + \sum a_i k_i,$$

где S — вероятность банкротства предприятия, $S/(1-S)$ — коэффициент несогласия, определяющий, во сколько раз чаще отклик принимает значения 1, чем 0, k_i — предиктор (коэффициент, характеризующий определенную сторону экономического состояния), a_0 — свободный член, a_i — весовой коэффициент каждого предиктора. Представленная формула отражает линейную зависимость вероятности банкротства от набора значений экономических коэффициентов предприятия. Отметим, что термин *logit* произошел от того, что уйти от линейности в модели, описываемой этой формулой, можно с помощью логит-преобразования, тем самым значение модели будет находиться на отрезке $[0, 1]$, что свидетельствует о нахож-

дении вероятности банкротства, где 0 — минимальная вероятность, а 1 — максимальная. Для интерпретации коэффициентов и упрощения представления рассматриваемой модели обычно используются экспоненциальной формой записи:

$$S = \frac{e^{a_0 + \sum a_i k_i}}{1 + e^{a_0 + \sum a_i k_i}} = \frac{1}{1 + e^{-a_0 - \sum a_i k_i}}. \quad (1)$$

Таким образом, первым этапом построения модели оценки банкротства с применением аппарата логистической регрессии является формирование предикторов (k_i).

1.1. Формирование массива предикторов

Информационной базой для построения модели служит финансовая отчетность фармацевтических предприятий. В формируемой выборке коэффициенты были рассчитаны по двум группам предприятий:

— 72 действующих предприятий, по состоянию на начало 2018 г. (исключены предприятия, находящиеся в процессе ликвидации или реорганизации через формы слияния, разделения и присоединения к другому юридическому лицу, а также находящиеся в процедурах банкротства), по которым $S = 0$;

— 28 предприятий, признанных банкротами в период с 2004 по 2017 г., по таким предприятиям $S = 1$.

На наш взгляд, при формировании массива предикторов необходим динамический анализ показателей, который позволяет определить развитие отрасли и кризисные периоды. Так, к примеру, из-за кризисных процессов, происходивших в российской экономике в 2014–2015 гг., показатели предприятий резко изменялись, что сказывалось на ухудшении общего экономического состояния, при этом фармпредприятия банкротами не становились. Следовательно, расчет показателей по таким нетипичным периодам может привести к некорректным значениям модели и ее низкому качеству.

Для предприятий-банкротов показатели рассчитаны за два года до признания предприятия банкротом (к примеру, если предприятие признано банкротом в 2015 г., то расчет предикторов для массива производился по итогам 2012 г.). Считаем, что двухлетний период оптимален для реализации антикризисных мероприятий в целях сохранения функционирования промышленных предприятий. А для предприятий первой группы не использовались данные по 2014–2015 гг. (кризисные периоды) и с 2016 г. (не закончился двухгодичный лаг). Целесообразно использовать данные за 2013 г.,

считающийся достаточно благоприятным периодом для фармацевтической отрасли.

Горизонт прогнозирования разрабатываемой модели составляет два года. Такой период до вероятного банкротства, как уже сказано, оптимален при создании и реализации антикризисных программ для формирования положительного денежного потока в целях снижения остроты кризиса на предприятиях промышленности. Отметим, что в существующих моделях наблюдается либо короткий срок прогнозирования [20, 22], тогда предприятие не успевает «подготовиться» к кризису, либо увеличение горизонта прогноза [17, 18], снижающее точность модели, так как распределения исходов для двух групп предприятий становится одинаковыми. Добавим, что полученная далее модель тестировалась при различных отчетных периодах до фактического банкротства на предприятиях-банкротах. Зависимость точности, отражающая близость к нулю погрешности результатов измерений по модели, и периода прогнозирования представлены в табл. 1.

Прогнозная сила модели при расчете на отчетных периодах за три и более лет до банкротства сильно снижается, за один год — увеличение недостаточно активное. Таким образом, выбор двухлетнего периода прогнозирования более приемлемый при сохранении высокой точности модели и заблаговременной подготовки к кризису.

В итоге сформированная выборка представляет собой массив данных на определенную отчетную дату, где i -му фармацевтическому предприятию соответствует набор показателей его деятельности k_1, k_2, \dots, k_n , а в зависимости от статуса предприятия (S) — действующее либо банкрот — проставляется 0 или 1 соответственно. Разработка и апробация модели осуществлялись с помощью программного комплекса IBM SPSS Statistics 17.0.

Отметим, что после разработки модели логической регрессии может возникнуть проблема с низкой точностью прогноза из-за недостаточного объема исходной выборки (наблюдается в разработках моделей [10, 13, 20, 23]). Выбор минимального объема выборки зависит от распределения значений зависимой переменной. При нормаль-

ном распределении для описания систем любой сложности достаточно девять или десять предикторов, где на каждый предиктор необходимо задавать не менее десяти наблюдений [24].

На основе приведенных положений сформируем выборку коэффициентов по данным финансовой отчетности ста фармацевтических предприятий. Для этого необходимо выбрать из множества коэффициентов те, которые:

- имеют экономический смысл и дают информативное, непротиворечивое представление об экономическом состоянии;

- не являются узкоспециализированными показателями и рассчитываются по данным публичной отчетности;

- соответствуют сущности модели оценки банкротства и отвечают целям и задачам антикризисного управления промышленными предприятиями.

Таким образом, были выделены 18 коэффициентов, характеризующие состояние предприятий с различных сторон (ликвидность, рентабельность, структура активов и капитала, финансовая устойчивость): обеспеченности собственными оборотными средствами (K_1), маневренности собственных оборотных средств (K_2), доля дебиторской задолженности в активах (K_3), доля краткосрочных обязательств в структуре капитала (K_4), соотношения иммобилизованных и мобилизованных средств (K_5), текущей ликвидности (K_6), быстрой ликвидности (K_7), абсолютной ликвидности (K_8), финансовый леверидж (K_9), финансовой зависимости (K_{10}), покрытия заемного капитала (K_{11}), доходность капитала (K_{12}), валовая рентабельность (K_{13}), рентабельность активов (K_{14}), рентабельность собственного капитала (K_{15}), рентабельность продаж (K_{16}), рентабельность оборотных активов (K_{17}), степень платежеспособности (K_{18}).

В выборку не вошли показатели оборачиваемости, так как они имеют заниженные значения на промышленных предприятиях. Вместо них включены показатели ликвидности и рентабельности, оперативно реагирующие на изменение экономического состояния предприятий.

Ранее в исследованиях отмечалось, что предикторы, не соответствующие нормальному закону распределения, занижают точность модели [16, 18, 20]. Для проверки гипотезы о принадлежности исследуемой выборки нормальному закону распределения (эмпирическое распределение соответствует ожидаемому распределению) воспользуемся тестом Колмогорова — Смирнова.

Таблица 1

Погрешность модели при различных периодах до фактического банкротства

Отчетный период до банкротства, лет	1	2	3	4	5
Погрешность модели, %	13,1	20,0	31,7	45,6	51,7

Исключение показателей из дальнейшего расчета следует определять по уровню значимости p . Если $p > 0,05$, то исследуемое эмпирическое распределение соответствует нормальному распределению, в противном случае распределение отличается от нормального. Так, к примеру, распределение значений переменных K_1 и K_3 статистически не отличается от нормального, так как $p > 0,05$ и вероятность ошибки незначительна. У переменной K_2 уровень значимости ниже установленного уровня, следовательно, значения плохо подчиняются нормальному распределению и необходимо исключить данный показатель из дальнейшего построения модели.

Таким образом, по итогам теста на нормальность распределения в дальнейшей разработке модели остаются коэффициенты: $K_1, K_3, K_4, K_6, K_7, K_{10}, K_{11}$ и K_{13} .

1.2. Оценка тесноты связи между предикторами

В рамках данного этапа необходимо:

— составить матрицу парных коэффициентов корреляции;

— выявить с помощью шкалы Чеддока взаимно коррелирующие коэффициенты (отрицательное значение свидетельствует о противоположной связи между переменными), один из которых исключается из дальнейшего расчета; данное сокращение используемых показателей позволяет уменьшить их количество, при этом уровень оценки экономического состояния предприятия не снижается;

— отобрать коэффициенты, не имеющие сильную и тесную связь, при которых критический уровень значения коэффициента корреляции составляет не более 0,7. Выбранные коэффициенты служат основой для дальнейшего построения уравнения логистической регрессии.

Из анализа матрицы парных коэффициентов корреляции (табл. 2), следует, что целесообразно исключить из дальнейшего исследования коэффициенты K_1, K_4 и K_6 . Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами (K_1) тесно связан с коэффициентом покрытия заемного капитала (K_{11}) и коэффициентом текущей ликвидности (K_6). В свою очередь коэффициент K_6 имеет высокий парный коэффициент с большинством показателей. Помимо наличия тесной связи с коэффициентом K_6 , у доли краткосрочных обязательств в структуре капитала (K_4) высокая взаимозависимость наблюдается и с коэффициентом финансовой зависимости (K_{10}).

По итогам корреляционного анализа дальнейшая разработка модели логистической регрессии для оценки банкротства фармацевтических предприятий будет основываться на коэффициентах, имеющих нормальное распределение, где парные коэффициенты корреляции между показателями не имеют тесной и сильной связи:

— доля дебиторской задолженности в активах (K_3);

— коэффициент быстрой ликвидности (K_7);

— коэффициент финансовой зависимости (K_{10});

— коэффициент покрытия заемного капитала (K_{11});

— валовая рентабельность (K_{13}).

1.3. Построение уравнения логистической регрессии

Сначала отметим нецелесообразность наличия в уравнении свободного члена. С теоретической точки зрения, если все экономические индикаторы (предикторы) равны нулю, то оценка вероятности банкротства будет рассчитываться на основе

Таблица 2

Матрица парных коэффициентов корреляции

K_i	K_1	K_3	K_4	K_6	K_7	K_{10}	K_{11}	K_{13}
K_1	1,000	0,306	-0,663	0,872	0,658	-0,606	0,813	0,179
K_3	0,306	1,000	0,227	0,121	0,445	0,032	0,290	0,284
K_4	-0,663	0,227	1,000	-0,717	-0,523	0,749	-0,438	-0,119
K_6	0,872	0,121	-0,717	1,000	0,735	-0,588	0,762	0,154
K_7	0,658	0,445	-0,523	0,735	1,000	-0,502	0,607	0,279
K_{10}	-0,606	0,032	0,749	-0,588	-0,502	1,000	-0,673	-0,097
K_{11}	0,813	0,290	-0,438	0,762	0,607	-0,673	1,000	0,052
K_{13}	0,179	0,284	-0,119	0,154	0,279	-0,097	0,052	1,000

значения свободного члена. В реальных экономических процессах при равенстве нулю всех индикаторов промышленное предприятие не функционирует, соответственно, предприятие признается не действующим.

Таким образом, в модели логистической регрессии будет отсутствовать свободный член, формулу (1) преобразуем в уравнение

$$S = \frac{1}{1 + e^{-\sum a_i k_i}}. \quad (2)$$

Построение уравнения регрессии осуществлялось методом исключения (отношения правдоподобия — backward) оставшихся коэффициентов. Данный метод предполагает включение в регрессионное уравнение всех предикторов, в дальнейшем на каждом шаге исключаются наименее «полезные», т. е. предикторы с минимальным значением F -статистики, причем это значение должно быть меньше заранее выбранного порога. Оценка по F -статистике позволяет исключить предикторы, которые на объясняемую переменную оказывают недостаточное влияние. В комплексе IBM SPSS Statistics 17.0 рассчитывается величина p -value, а исключение предикторов заканчивается, когда все они будут удовлетворять выражению $p_i < p$, где p_i — уровень значимости каждого предиктора, p — пороговое значение 0,01.

В табл. 3 приведены статистические характеристики проводимого регрессионного анализа по

построению логистической модели оценки банкротства. Исходя из представленных данных, были исключены два предиктора, так как уровень значимости был больше порогового значения 0,01:

— на шаге 1 исключена доля дебиторской задолженности в активах (K_3): $0,683 > 0,01$ (условие $p_i < p$ не соблюдается);

— на шаге 2 исключен коэффициент покрытия заемного капитала (K_{11}): $0,385 > 0,01$ (условие $p_i < p$ не соблюдается);

— к последнему шагу 3 значения статистики Вальда, как критерия значимости каждого коэффициента a_i для соответствующего предиктора, не имеют сильных отклонений между собой, что свидетельствует об адекватности модели.

Далее при апробации модели и оценки полученных коэффициентов регрессионного уравнения будет применен калибровочный тест, который определяет степень соответствия между оцененными вероятностями банкротства, спрогнозированной моделью, и реальными вероятностями дефолтов.

Таким образом, на основе статистического массива данных ста российских предприятий фармацевтической промышленности, разделенных на действующие предприятия и банкротов, с применением теста на нормальность распределения, корреляционного анализа и с помощью метода отношения правдоподобия была составлена логистическая модель, определяющая вероятность банкротства за два года до его наступления.

Таблица 3

Параметры модели логистической регрессии

Шаг	Предиктор K_i	Весовой коэффициент a_i предиктора	Стандартная ошибка	Статистика Вальда	Число степеней свободы	Уровень значимости p	
1	K_3	-0,755	1,850	0,167	1	0,683	
	K_7	-1,154	0,977	1,394		0,238	
	K_{10}	2,336	0,807	8,378		0,004	
	K_{11}	-0,479	0,576	0,693		0,405	
	K_{13}	-4,183	1,449	8,332		0,004	
2	K_7	-1,339	0,891	2,259		1	0,133
	K_{10}	2,183	0,699	9,741			0,002
	K_{11}	-0,502	0,578	0,754			0,385
	K_{13}	-4,147	1,437	8,331			0,004
3	K_7	-1,947	0,598	10,584		1	0,001
	K_{10}	1,984	0,633	9,829	0,002		
	K_{13}	-3,970	1,415	7,875	0,005		

В целях совершенствования процедуры регрессионного анализа и, как следствие, повышения качества моделей оценки банкротства были уточнены методические аспекты построения:

- использование массива данных по предприятиям одной отрасли: каждая отрасль имеет свои особенности функционирования, включение предприятий других отраслей изменяет уровни предикторов и создает разнонаправленность в оценки (данный аспект не учтен в моделях [14, 17–19]);

- включение в исследование не менее четверти предприятий, признанных банкротами: малый объем фактических данных по банкротам занижает итоговую оценку (малый объем таких данных присутствует в моделях [18, 22, 23]);

- добавление в процедуру анализа проверки на нормальность распределения каждого предиктора в массиве данных (отсутствует в моделях [19, 21]).

В соответствии с формулой (2) и на основе данных табл. 2 полученная логистическая модель имеет вид:

$$S = \frac{1}{1 + e^{1,95K_{б.л} - 1,98K_{ф.з} + 3,97K_{в.р}}}, \quad (3)$$

где S — вероятность банкротства (интегральный показатель экономического состояния фармацевтического предприятия), $K_{б.л}$ — коэффициент быстрой ликвидности (отношение оборотных активов за вычетом запасов к краткосрочным обязательствам), $K_{ф.з}$ — коэффициент финансовой зависимости (доля заемных средств в структуре капитала), $K_{в.р}$ — валовая рентабельность (отношения валовой прибыли к выручке от реализации).

Разработка логит-моделей не предполагает интервальной оценки итогового показателя S , так как рассчитывается значение вероятности банкротства. Однако отметим, что при использовании данной модели для принятия управленческих решений необходимо учитывать критические уровни. Применяя методику [19] с учетом фактических распределений значений модели по расчетной выборке, были выделены два уровня, определяющие устойчивое (благоприятное) экономическое состояние ($S < 0,2$) и зону острого кризиса на фармацевтическом предприятии ($S > 0,8$).

2. АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ БАНКОТСТВА

2.1. Оценка точности модели по исходной выборке

Для возможности практического применения разработанной модели необходимо протестировать модель на точность прогнозируемых резуль-

татов. На наш взгляд, процесс апробации целесообразно проводить в два этапа.

На *первом этапе* рассмотрим результаты наблюдаемых и предсказанных исходов (банкротств) при нулевой модели и конечной модели, представленных в табл. 4.

Нулевая модель представляет собой уравнение логистической регрессии, где весовые коэффициенты (a_i) каждого предиктора равны нулю. В свою очередь, конечная модель получена методом исключения и отражена формулой (3). Отметим, что граница для разделения предсказанных исходов составляет 50 %, при этом 1 — предприятие признано банкротом, а 0 — действующее предприятие.

Полученная регрессионная модель обладает предсказательной способностью, если ее точность выше, чем точность нулевой модели. При первоначальной модели общий процент корректных предсказанных банкротств составляет 28 %, но в конечной модели он возрастает почти в три раза до 79 %. Уточним, что рассматриваемая точность показывает степень корректных исходов, рассчитанных с помощью регрессионной модели по исходной выборке фармацевтических предприятий.

Для обоснования адекватности модели рассмотрим статистические критерии оценки качества конечной модели.

Значение функции $(-2\log L)$ логарифма отношения правдоподобия в конечной модели снизилось на 41 % в сравнении с начальной моделью и составило 81,23. Уменьшение данного показателя,

Таблица 4

Наблюдаемые и предсказанные исходы исходной выборки

Нулевая модель		Предсказанные исходы		Доля корректных исходов, %
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	0	72	0
	1		28	100
Общая доля корректных исходов нулевой модели, %				28
Конечная модель		Предсказанные исходы		Доля корректных исходов, %
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	63	9	88
	1	12	16	57
Общая доля корректных исходов конечной модели, %				79

являющееся результатом сравнения двух моделей, свидетельствует об улучшении прогностической способности модели.

Для оценки качества регрессионных моделей, как правило, применяется коэффициент детерминации, но для логистических моделей коэффициент детерминации не является базовым параметром определения точности в сравнении с моделями линейной регрессии. Следовательно, рассчитан псевдокоэффициент детерминации Nagelkerke $R^2 = 0,582$, являющийся аппроксимацией коэффициента детерминации с учетом функции $-2\log L$ и X^2 . Показатель характеризует степень изменения вероятности банкротства в зависимости от включенных в состав модели показателей, следовательно, изменение вероятности банкротства фармацевтических предприятий зависит на 58,2 % от коэффициентов быстрой ликвидности, финансовой зависимости и валовой рентабельности. Низкие значения R^2 для логит-моделей является нормальным состоянием. В отличие от линейной регрессии в логистической нельзя выдвинуть предположение о постоянстве дисперсии: дисперсия бинарной переменной зависит от частоты распределения значений самой переменной, поэтому вычисляемые коэффициенты детерминации являются приближенной мерой [10].

Поэтому для дополнительной оценки модели и ее параметров рассмотрим калибровочный тест критерий согласия Hosmer — Lemeshow test — статистический тест на пригодность для моделей логистической регрессии. Данный критерий позволяет рассчитывать интервалы между наблюдаемыми и предсказанными распределениями частот банкротов и действующих предприятий. Значение рассматриваемого критерия должно быть выше уровня значимости 0,05. В авторской модели уровень значимости составляет 0,31 (при $X^2 = 9,39$ и $df = 8$), что в шесть раз больше установленного.

Таким образом, рассмотренные характеристики свидетельствуют о том, что полученная модель хорошо откалибрована, имеет достаточную точность в прогнозировании банкротства и может эффективно применяться в практических расчетах.

2.2. Оценка точности и сравнение с существующими моделями по тестируемой выборке

Для подтверждения полученных результатов и возможности применения разработанной модели на практике важна ее апробация на фармацевтических предприятиях, не вошедших в исходную выборку. Для *второго этапа* апробации был сформи-

рован аналогичный массив данных об экономическом состоянии фармацевтических предприятий:

- по 136-ти действующим предприятиям;
- по 30-ти предприятиям, признанными банкротами.

В табл. 5 представлены результаты применения авторской модели оценки банкротства с использованием исходной и тестируемой выборок. Граница разделения исходов сохраняется на уровне 50 %.

Отметим, что граница отсечения в 50 % весьма условна и неполно отражает точность модели. Предсказанная вероятность банкротств некоторых действующих предприятий колеблется вокруг данной границы. Так, к примеру, при повышении границы отсечения на 10 % (до 60 %) доля корректных исходов для действующих предприятий возрастает на 7 %, а общая доля корректных исходов для тестируемой выборки составляет 83 %. Несмотря на это, процент корректных исходов по расчетам на каждой выборке колеблется на одном уровне, что характеризует адекватность модели.

Определив критерии точности разработанной модели, перейдем к сравнительному анализу модели с другими распространенными моделями оценки банкротства адаптированных на промышленных предприятиях. Таким образом, необходимо подтвердить две гипотезы:

- обязательный учет в построении отраслевых аспектов деятельности предприятия;

Таблица 5

Наблюдаемые и предсказанные исходы по исходной и тестируемой выборкам

Исходная выборка		Предсказанные исходы		Доля корректных исходов, %
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	63	9	88
	1	12	16	57
Общая доля корректных исходов исходной выборки, %				79
Тестируемая выборка		Предсказанные исходы		Доля корректных исходов, %
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	109	27	80
	1	8	22	73
Общая доля корректных исходов тестируемой выборки, %				79

— прогнозирование банкротства на основе логистических моделей более результативно, чем на основе других методик.

Так как в сравнительном анализе применяются логит-модели и MDA-модели, необходимым условием для корректного исследования является распределение предприятий на одинаковые группы по степени вероятности банкротства.

Для логит-моделей (авторская, Ю.В. Жданова [20], Г.А. Хайдаршиной [19]) предусмотрено выделение пяти групп с одинаковым интервалом вероятности банкротства (по 0,2), где группа «0–0,2» характеризует минимальный риск банкротства, а «0,8–1» — максимальный.

Группы вероятностей банкротства (пять групп) модели Д.А. Мурадова [10] и Иркутской модели [11] будут соответствовать аналогичным группам для логистических моделей. Группы вероятностей банкротства по модели Я.Д. Вишнякова [13] соответствуют группам «0–0,4» с минимальным и «0,6–1» с максимальным риском банкротства. Предприятия-банкроты по модели А.В. Кольшкина [12] будут входить в группу «0,6–1», благополучные — «0–0,4», зона неопределенности — оставшиеся группы.

Таким образом, было получено распределение фармацевтических предприятий тестируемой выборки по пяти группам для сравнительного анализа моделей по предприятиям, признанных банкротами, и по действующим предприятиям (табл. 6).

На наш взгляд, когда в моделях применяется расширенная группировка предприятий, то субъекту управления при выборе более точной модели и ее дальнейшем применении необходимо сравнивать долю предприятий, экономическое состояние которых было неверно спрогнозировано (погрешность результатов измерения). К примеру, данный аспект очень важен при анализе предприятий банкротов, когда необходимо выявить минимальную прогнозную вероятность банкротства при фактическом банкротстве. Некорректное прогнозирование может привести к ошибочной оценке экономического состояния предприятия, к отсутствию реализации антикризисных мероприятий и к скорейшей ликвидации бизнеса. Поэтому расчет погрешности рассматриваемых моделей будет определяться формулой

$$P = \frac{1}{N} \sum N_{S > S_k},$$

где P — погрешность модели, N — общее количество предприятий, $N_{S > S_k}$ — количество предприятий, где рассчитанная вероятность (S_i) больше (меньше) установленного уровня (S_k): для предприятий банкротов $S < 0,4$, для действующих предприятий $S > 0,6$. Интервал «0,4–0,6» представляет зону неопределенности, среднюю вероятность для

Таблица 6

Распределение фармацевтических предприятий по группам вероятностей банкротства

Модель	Группы вероятностей банкротства					Итого предприятий
	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1	
Распределение фармацевтических предприятий, признанных банкротами						
Авторская	4	2	4	3	17	30
Хайдаршиной	15	—	—	—	15	
Кольшкина	6	—	1	1	22	
Жданова	11	1	—	—	18	
Иркутская	10	—	1	—	19	
Мурадова		5	8	17		
Вишнякова		5	—	25		
Распределение действующих фармацевтических предприятий						
Авторская	94	10	14	14	4	136
Хайдаршиной	122	4	—	1	9	
Кольшкина	85	12	11	13	15	
Жданова	103	1	3	3	26	
Иркутская	89	1	6	7	33	
Мурадова	77		38	21		
Вишнякова	56		—	80		



Таблица 7

**Погрешность моделей оценки банкротства
фармацевтических предприятий**

Модель	Предприятия-банкроты, %	Действующие предприятия, %	Все предприятия, %
Авторская	20,0	13,2	14,5
Хайдаршиной	50,0	7,4	15,1
Колышкина	16,7	15,4	15,7
Жданова	20,0	20,6	20,5
Иркутская	40,0	21,3	24,7
Мурадова	33,3	29,4	30,1
Вишнякова	16,7	58,8	51,2

оценки, поэтому предприятия, попавшие в данный интервал, исключены из расчета.

Как видно по итогам оценки точности, представленных в табл. 7, погрешность только трех моделей ниже 20 %: модель Колышкина, модель Хайдаршиной и модель, предложенная автором.

Существенными недостатками логистической модели Хайдаршиной являются самая высокая предсказательная сила для действующих предприятий ($P = 7,4\%$) и в то же время самая низкая для банкротов ($P = 50,0\%$), а также большое количество показателей в модели. Аналогичным «перекосом» прогнозирования обладает модель Вишнякова, показывающая самую высокую погрешность для действующих предприятий ($P = 58,8\%$) и один из лучших результатов по предприятиям, признанными банкротами ($P = 16,7\%$).

Отметим, что модель Колышкина показывает относительно одинаковую точность по двум группам предприятий. Но так как данная модель построена на основе дискриминантного анализа, невозможно определить точную вероятность банкротства, кроме того, 27,7 % предприятий попадают в зону неопределенности (средняя вероятность), что затрудняет оценку и прогнозирование дальнейшего развития бизнеса (по авторской модели в группу «0,4–0,6» попадает только 10,8 % всех предприятий).

Авторская модель обладает высокой точностью среди анализируемых моделей, не имеет сильных отличий в степени точности между действующими предприятиями и предприятиями-банкротами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования с помощью корреляционного-регрессионного анализа была разработана модель оценки банкротства промышленных предприятий (на примере предприятий фармацевти-

ческой промышленности) и проведена ее апробация. Модель построена на основе финансовой отчетности ста предприятий, поэтому в полной мере учтены отраслевые аспекты. Малый объем вычислений и отсутствие узкоспециализированных расчетов позволяют оперативно получать информацию об экономическом состоянии, а универсальность расчета дает возможность проводить сравнительный анализ предприятий в разрезе одной отрасли.

Обозначены методические аспекты построения модели оценки банкротства, не учтенные в существующих исследованиях, которые направлены на рост качества прогноза. Рассмотренные алгоритмы разработки и апробации могут быть применены и к другим отраслям промышленности.

Материалы исследования могут быть полезны собственникам и руководству предприятий в целях построения системы мониторинга; коммерческим банкам при корпоративном кредитовании и мониторинге кредитного риска; консалтинговым организациям и инвесторам для проведения аналитических исследований в промышленности и оценки инвестиционного климата; органам исполнительной власти при осуществлении промышленной политики и контрольно-надзорных функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ряховская А.Н., Кован С.Е. Антикризисное управление: современная концепция и основной инструментарий // Управленческие науки. — 2015. — Т. 5, № 3. — С. 45–55. [Ryakhovskaya, A., Kovan, S. Anti-crisis Management: a Modern Concept and the main Instrumentarium // Management Science. — 2015. — No. 5 (3). — P. 45–55. (In Russian)]
2. Стельмах В.С. Теоретико-методологические особенности антикризисного мониторинга // KANT. — 2018. — № 1. — С. 225–229. [Stelmakh, V.S. Teoretiko-metodologicheskie osobennosti antikrizisnogo monitoringa // KANT. — 2018. — No. 1. — S. 225–229. (In Russian)]
3. Стельмах В.С. Мониторинг стоимости компании в системе антикризисного управления фармацевтическим предприятием // Управление экономическими системами. — 2017. — № 6. (URL: <http://uecs.ru/teoriya-upravleniya/item/4427-2017-05-29-10-52-43>). [Stelmakh, V.S. Monitoring stoimosti kompanii v sisteme antikrizisnogo upravleniya farmatsevticheskim predpriyatiem // Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami. — 2017. — No. 6. (In Russian)]
4. Altman, E. Financial Ratios. Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy // Journal of Finance. — 1968. — No. 4. — P. 589–609.
5. Fulmer, G. A Bankruptcy Classification Model For Small Firms // Journal of Commercial Bank Lending. — 1984. — P. 25–37.
6. Beaver, W. Financial Ratios and Predictions of Failure. // Empirical Research in Accounting Selected Studies, Supplement to Journal of Accounting Research. — 1996. — P. 31–49.
7. Lin, L. Identification of corporate distress in UK industrials — a conditional probability analysis approach // Journal of Applied Financial Economics. — 2004. — No. 14. — P. 73–82.

8. *Aziz, M.* Predicting Corporate Bankruptcy: Whither do we stand? // *Corporate Governance*. — 2006. — No. 6. — P. 18–33.
9. *Dewaelheyns, N.* Aggregate Bankruptcy Rates and the Macroeconomic Environment: Forecasting Systematic Probabilities of Default // *Tijdschrift voor Economie en Management*. — 2007. — No. 4. — P. 12–35.
10. *Мурадов Д.А.* Прогнозирование и оценка банкротства нефтегазовых компаний: дисс. ... канд. экон. наук. — М., 2011. — 217 с. [*Muradov, D.A.* Prognozirovanie i otsenka bankrotstva neftegazovykh kompanii: diss. ... kand. ekon. nauk. — Moscow, 2011. — 217 s. (In Russian)]
11. *Давыдова Г.В., Беликов А.Ю.* Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // *Управление риском*. — 1999. — № 3. — С. 13–20. [*Davydova, G.V., Belikov, A. Yu.* Metodika kolichestvennoi otsenki riska bankrotstva predpriyatii // *Upravlenie riskom*. — 1999. — No. 3. — S. 13–20. (In Russian)]
12. *Кольшикин А.В.* Прогнозирование развития банкротства в современной России: дисс. ... канд. экон. наук. — СПб., 2003. — 152 с. [*Kolyshkin, A.V.* Prognozirovanie razvitiya bankrotstva v sovremennoi Rossii: diss. ... kand. ekon. nauk. — SPb., 2003. — 152 s. (In Russian)]
13. *Вишняков Я.Д.* Оценка и анализ финансовых рисков предприятия в условиях враждебной окружающей среды бизнеса // *Менеджмент в России и за рубежом*. — 2000. — № 3. — С. 106–111. [*Vishnyakov, Ya. D.* Otsenka i analiz finansovykh riskov predpriyatiya v usloviyakh vrazhdebnoi okruzhayushchei sredy biznisa // *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. — 2000. — No. 3. — S. 106–111. (In Russian)]
14. *Ohlson, J.* Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy // *Journal of Accounting Research*. — 1980. — No. 6. — P. 12–45.
15. *Back, B.* Choosing Bankruptcy Predictors Using Discriminant Analysis, Logit Analysis and Genetic Algorithms // *Proceedings of the 1st International Meeting on Artificial Intelligence in Accounting, Finance and Tax*. — 1995. — No. 4. — P. 337–356.
16. *Gruszczynski, M.* Modele mikroekonometrii w analizie i prognozowaniu zagrozenia finansowego przedsiwiorstw. — Warszawa: Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Ekonomicznych, 2003. — 33 p.
17. *Joo-Ha, N.* Bankruptcy prediction — evidence from Korea listed companies during the IMF crisis // *Journal of International Financial Management and Accounting*. — 2000. — No. 11. — P. 178–197.
18. *Minussi, J.* Statistical modelling to predict corporate default for Brazilian companies in the context of Basel II using a new set of financial ratios. — Lancaster: Lancaster University Management School, 2007. — 35 p.
19. *Хайдаршина Г.А.* Методы оценки риска банкротства предприятия: дисс. ... канд. экон. наук. — М., 2009. — 253 с. [*Khaidarshina, G.A.* Metody otsenki riska bankrotstva predpriyatiya: diss. ... kand. ekon. nauk. — Moscow, 2009. — 253 s. (In Russian)]
20. *Жданов В.Ю.* Диагностика риска банкротства промышленных предприятий: дисс. ... канд. экон. наук. — М., 2012. — 193 с. [*Zhdanov, V.Yu.* Diagnostika riska bankrotstva promyshlennyykh predpriyatii: diss. ... kand. ekon. nauk. — Moscow, 2012. — 193 s. (In Russian)]
21. *Begley, J.* Bankruptcy classification errors in the 1980s: An empirical analysis of Altman's and Ohlson's models // *Review of accounting studies*. — 1996. — No. 1. — P. 267–284.
22. *Ginoglou, D.* Predicting corporate failure of problematic firms in Greece with LPM, logit, probit and discriminant analysis models // *Journal of Financial Management and Analysis*. — 2002. — No. 15. — P. 1–15.
23. *Lennox, C.* Identifying Failing Companies: A Re-evaluation of the Logit-, Probit- and DA Approaches // *Elsevier Science Inc*. — 1999. — No. 4. — P. 181–210.
24. *Saaty, T.* *The Analytic Hierarchy Process*. — NY: McGraw Hill. 1980. — 287 p.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.С. Манделем.

Стедьмах Вениамин Сергеевич — Хабаровский государственный университет экономики и права; ПАО КБ «Восточный», г. Хабаровск, ✉ vs-stel@ya.ru.

Поступила в редакцию 29.10.2018, после доработки 25.12.2018. Принята к публикации 17.01.2019.

DEVELOPMENT AND TESTING OF LOGIT-MODEL TO ESTIMATE BANKRUPTCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.S. Stelmakh

Khabarovsk State University of Economics and Law, Orient Express Bank, Khabarovsk, Russia
✉ vs-stel@ya.ru

Abstract. It is noted that in the development of industrial enterprises there is always the probability of a crisis, so for continuous and sustainable operation it is necessary to develop the preventive tools that can predict the crisis processes in advance. The model is developed to estimate the bankruptcy on the basis of the logistic regression apparatus for sustainable development of domestic industrial enterprises. The study is conducted on the example of the pharmaceutical industry, and the method of development and testing can be applied to other industries. The model developed is able to predict the probability of bankruptcy of the pharmaceutical industry enterprises two years before its realization.

Keywords: crisis management, modeling, logistic regression, probability of bankruptcy, correlation and regression analysis, elimination method, industrial enterprises, pharmaceutical industry.