ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Риски, анализ и оценка

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ СОСТОЯТЕЛЬНОСТИ И ВЕРОЯТНОСТИ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Ольга Евгеньевна БОЛЬШАКОВА[a], Андрей Геннадьевич МАКСИМОВ[b,•], Наталья Владимировна МАКСИМОВА[c]

[a] кредитный инспектор Волго-Вятского банка ПАО «Сбербанк России», Нижний Новгород, Российская Федерация
bolshakova.olia.337@gmail.com

[b] кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой экономической теории и эконометрики, Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики – Нижний Новгород, Нижний Новгород, Российская Федерация
amaksimov@hse.ru

[c] старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики – Нижний Новгород, Нижний Новгород, Российская Федерация
nvmaksimova@hse.ru

[•] Ответственный автор

История статьи:
Принята 16.11.2015
Одобрена 03.02.2016

УДК 330.4; 336.3; 657
JEL: C25, C51, G17, G33

Ключевые слова: предприятия малого и среднего бизнеса, модель диагностики, состоятельность, эконометрическое моделирование

Аннотация

Предмет. В статье рассматриваются вопросы диагностики финансового состояния предприятий малого и среднего бизнеса.

Цели. Построение и совершенствование моделей диагностики состоятельности и прогнозирования риска банкротства предприятий малого и среднего бизнеса.

Методология. Рассмотрены различные типы моделей. При помощи эконометрического инструментария сконструирован и оценен ряд логит-моделей. Оценка коэффициентов моделей проводилась методом максимального правдоподобия. При подборе факторов (показателей), которые включались в оцениваемые модели, учитывались частота упоминания авторами российских и зарубежных методик оценки риска банкротства, доступность данных, способность качественно описать основные составляющие финансового состояния компании, информативность, соответствие особенностям российского законодательства о несостоятельности организаций и др. Кроме того, применялись различные экономико-статистические методы: алгоритмы факторного анализа, методы пошагового отбора, учет VIF-фактора и др. Классификационные характеристики моделей тестировались на «обучающей выборке» с учетом площади под ROC-кривой и анализа ошибок I и II рода. Эмпирические данные для формирования моделей взяты из финансовой отчетности компаний.

Результаты. Улучшено качество моделей за счет учета отраслевой принадлежности объектов малого и среднего бизнеса (и отраслевой специфики структуры баланса), разработки и включения в модели параметров, характеризующих управление ресурсами предприятия (в том числе оценки методом стохастической границы технологической эффективности). Построенные для диагностики модели имеют хорошие классификационные и прогнозные свойства.

Выводы и значимость. Использование предлагаемых моделей для диагностики предприятий малого и среднего бизнеса позволит выявлять проблемные предприятия и диагностировать риски вероятного банкротства, что будет полезно для владельцев бизнеса, кредиторов компании, ее внешних контрагентов, а также для судебных органов при принятии решения об открытии одной из процедур банкротства.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Введение

В экономике современной России предприятия малого и среднего бизнеса (МСБ)[1] играют все более заметную роль. Важность этого сектора связана не только с объемом производимых им товаров и услуг. В частности, по итогам 2013 г. на два миллиона малых и средних предприятий, на которых трудится почти четверть от общей численности занятых в экономике, приходится пятая часть от общего объема продукции и услуг, производимых в России[2]. Имеются сферы деятельности, где оборот в секторе МСП превышает оборот на крупных предприятиях. Более того, развитый сектор малых и средних предприятий придает всей экономике гибкость и

[1] Критерии отнесения компании к субъектам МСП определены Федеральным законом от 24.07.2007. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации».

[2] Итоги сплошного федерального статистического наблюдения за деятельностью субъектов малого и среднего предпринимательства за 2013 год. Т. 2. Юридические лица М.: Статистика России, 2014. 447 с.

стабильность, активно внедряя инновации, демпфируя последствия структурных изменений в экономике, насыщая внутренний рынок, снижая экономическую и социальную напряженность в регионах. Динамичное развитие предприятий МСБ является положительным индикатором состояния экономики.

Однако по сравнению с аналогичными показателями развитых стран доля занятых на предприятиях МСБ в России существенно ниже, а их эффективность (точнее, выработка на одного занятого) – в разы меньше. Среди основных проблем, препятствующих эффективному развитию сектора, можно отметить следующие:

– сложность доступа к финансовым ресурсам;

– сложность доступа к высококвалифицированным кадрам (в том числе и управленцам);

– наличие проблем в нахождении рынков сбыта;

– несовершенство российского законодательства, в том числе, в частности, процедуры выявления несостоятельности предприятия и др.

Перечисленные факторы, которые не способствуют развитию сектора МСП, безусловно, оказывают негативное влияние и на функционирование существующих предприятий сектора. Особенно чувствительно это влияние в условиях непростой экономической ситуации в российской экономике. Поэтому качественная диагностика состоятельности конкретных предприятий сектора и главное – качественное прогнозирование риска банкротства на различные временные горизонты – вопрос актуальный.

Диагностика состоятельности важна и для кредиторов компании, так как позволяет оценить риски представления заемных средств. Своевременное выявление и устранение неэффективно работающих организаций является одним из рыночных инструментов оздоровления экономики в целом. Необходимость формирования системы диагностики вызвана тем, что руководители и владельцы российских предприятий малого и среднего бизнеса при принятии важнейших стратегических решений часто руководствуются интуицией и собственными интересами. Последнее нередко приводит к процессам умышленного или фиктивного банкротства.

Работа посвящена вопросам разработки моделей оценки состоятельности и прогнозирования риска банкротства предприятий МСБ.

Понятие состоятельности компании

Рассмотрим финансовый и юридический подходы к понятию «состоятельность компании».

Состоятельность – это состояние предприятия, то есть совокупность его количественных и качественных характеристик, обеспечивающих ему устойчивую жизнеспособность (отсутствуют претензии к финансовому состоянию предприятия и обслуживанию им своих долговых обязательств) [1].

Несостоятельность может трактоваться как потеря экономической состоятельности, характеризующаяся нарушением внешнего и внутреннего равновесия, не позволяющая добиться устойчивого положения хозяйствующего субъекта в экономической системе [1]. *С юридической точки зрения* этот этап рассматривается только в случае обращения в суд кредиторов или учредителей, по решению которого может быть введена одна из процедур банкротства[3]:

– наблюдение (обеспечивает сохранность имущества должника, проведение финансового анализа его деятельности и оповещение кредиторов);

– финансовое оздоровление (предусматривает восстановление платежеспособности должника и погашение его обязательств);

– внешнее управление (направлено на восстановление платежеспособности должника под руководством внешнего управляющего);

– конкурсное производство (после признания судом должника банкротом, для удовлетворения требований кредиторов по денежным обязательствам банкрота).

Юридически компания признается банкротом в случае решения суда об отсутствии у компании ресурсов для удовлетворения требования кредиторов и восстановления платежеспособности и открытии конкурсного производства. Как правило[4], результатом этого этапа является полная ликвидация предприятия.

[3] О несостоятельности (банкротстве): Федеральный закон от 26.10.2002 № 127-ФЗ.

[4] Мировое соглашение может быть применено на любой стадии дела о банкротстве, направлено на достижение согласия между кредиторами и должником, однако, на практике используется редко.

Модели оценки состоятельности и прогнозирования банкротства компаний МСБ

Используемые для оценки модели можно объединить в несколько групп [2, 3], среди которых выделим:

– модели на основе линейного (и нелинейного) дискриминантного анализа [4–11] и др.;

– модели бинарного выбора (логит-, пробит-модели) [12–17] и др.;

– модели на базе нейронных сетей [18–20] и др. [3].

Каждая группа имеет свои достоинства и недостатки. Например, критика моделей на основе дискриминантного анализа (возможно, в связи с относительно невысоким качеством прогноза) связана с «тяжелыми хвостами» распределений финансовых характеристик и различием ковариционных матриц банкротов и небанкротов [3, 14, 21]. К недостаткам моделей на базе нейронных сетей можно отнести сложность интерпретации влияния показателей. Оценка качества этих моделей дана, например, в статье Е.А. Федоровой, С.Е. Довженко и Я.В. Тимофеева[5]. Точность прогноза разными моделями риска банкротства предприятий МСБ приведена в табл. 1.

Необходимо подчеркнуть, что перечисленные модели создавались на базе анализа разных групп предприятий (европейских, американских и российских; крупных, средних и малых; акции которых торгуются на бирже и непубличных; предприятий, принадлежащих разным группам отраслей, и т.д.), имеющих свои особенности и специфику. Следовательно, эти модели потенциально имеют возможности для улучшения своих прогнозных свойств, по крайней мере в случае их применения к диагностике российских предприятий МСБ.

Диагностика состоятельности и прогнозирование риска банкротства основываются на анализе информации из финансовой отчетности предприятия в силу универсальности, известных правил формирования и (относительной) доступности этой информации.

В настоящее время большая часть финансовых коэффициентов имеет свои нормативные значения, установленные зарубежными[6], российскими нормативными документами[7] и методиками банков. Однако существующие методики часто являются универсальными, не учитывают вполне специфические моменты, например размер предприятия. В то же время структура нормального баланса субъекта малого и среднего предпринимательства существенно отличается от структуры крупного (крупнейшего): ограничен доступ к ряду кредитных продуктов, стоимость привлечения заемного капитала существенно выше, отсутствуют ресурсы/потребность в дорогостоящих фондах, как правило, нет вложений, дочерних предприятий, нематериальных активов и т.д. Это обусловливает необходимость построения специальных моделей и своих нормативных значений коэффициентов для предприятий МСБ. Установленные нормы не учитывают отраслевую принадлежность хозяйствующего субъекта. Однако структура имущества предприятий различных отраслей существенно отличается друг от друга в силу не только специфичности деятельности, но и наличия или отсутствия тех или иных активов для обеспечения деятельности.

Представляется перспективным включение в модели оценки состоятельности предприятий МСБ показателей, характеризующих состояние и качество управления основными ресурсами компании – финансовыми, интеллектуальными, материальными.

Таким образом, совершенствование разработанных в исследовании [17] моделей оценки состоятельности компаний МСБ будем проводить с учетом двух гипотез.

Гипотеза 1. *Включение дополнительных переменных, созданных с учетом нормативных и средних значений финансовых коэффициентов, позволит улучшить качество модели.*

Гипотеза 2. *Включение переменных, учитывающих качество управления ресурсами компаний (финансовыми, интеллектуальными), технологическую эффективность, позволит выявить степень влияния внутренних факторов на риск несостоятельности и дальнейшего банкротства. Особенно важным, предположительно, это окажется для трудоемкого и фондоемкого типов бизнеса.*

[5] *Федорова Е.А., Довженко С.Е., Тимофеев Я.В.* Какая модель лучше прогнозирует банкротство российских предприятий? // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 4. С. 28–35.

[6] *Weston J.F., Besley K., Brigham E.F.* Essentials of Managerial Finance. N.Y., 1996.

[7] Об утверждении методических рекомендаций по реформе предприятий (организаций): приказ Министерства экономики Российской Федерации от 01.10.1997 № 118.

Характеристика используемых в исследовании данных

Эмпирические данные для формирования моделей диагностики риска банкротства предприятий МСБ взяты из финансовой отчетности компаний (базы RUSLANA (Bureau Van Dijk), СПАРК, Fira Pro) за 2003–2014 гг. (с 2003 по 2013 г. – налоговые периоды отчетности, с 2006 по 2014 г. – периоды введения одной из процедур банкротства).
В выборку были включены 28 170 российских юридических лиц МСБ[8], из них 14 112 компаний, в отношении которых с 2003 г. по настоящее время не введена ни одна из процедур банкротства, 14 058 компаний, в отношении которых суд принял решение о введении одной из процедур банкротства с 2006 по 2014 г. Созданные выборки делятся на две части. Первая используется для тестирования и оценки коэффициентов модели (обучающая выборка, качество подгонки на ней отражены в табл. 5). Вторая – для оценки прогнозной силы моделей (табл. 6, 10).

В дальнейшем с учетом традиционных подходов, типовых структур баланса[9] (для фондоемких, материалоемких, трудоемких секторов), работ различных авторов (см., например, [15] и др.) объединим предприятия МСБ в 5 секторов: сельское хозяйство, рыболовство и добывающая промышленность (сектор 1), обрабатывающая промышленность и снабжение (сектор 2), фондоемкие виды экономической деятельности, в том числе транспорт и связь (сектор 3), торговля и и общественное питание (сектор 4), прочие отрасли непроизводственного сектора, услуги[10] (сектор 5)[11].

Первоначальный набор предикторов

Первоначальный массив предполагаемых факторов состоял из 55 финансовых показателей 5 групп, характеризующих финансовое состояние компании и определяющих риск банкротства: ликвидность, деловую активность, финансовую устойчивость, рыночную устойчивость, рентабельность, и 7 нефинансовых показателей, отражающих общие сведения о компании. Процедура отбора этих переменных основывалась на следующих критериях:

– частоте упоминания авторами российских и зарубежных методик оценки риска банкротства;

– доступности данных;

– способности качественно описать одну из 5 указанных составляющих финансового состояния компании;

– информативности, соответствии особенностям российского законодательства о несостоятельности организаций.

Высокие коэффициенты как парной, так и множественной корреляции описанных выше факторов (и, как следствие, проявление эффектов мультиколлинеарности), предполагают возможность построения моделей на редуцированном их количестве без существенной потери моделями квалификационных и прогнозных качеств. Отбор факторов-кандидатов на включение в модель (из описанных выше) осуществлялся на основе алгоритмов факторного анализа[12], *Z*-критерия Колмогорова – Смирнова, метода пошагового отбора с учетом VIF-фактора, площади под ROC-кривой, классификационных и прогнозных характеристик разработанных моделей и др. В процессе конструирования моделей был сгенерирован новый ряд бинарных (dummy) переменных. Переменные, используемые в приведенных далее моделях, показаны в табл. 2, 3, 7, 8.

Разработка переменных на основе нормативных значений коэффициентов по отраслям

Сравнение значений основных показателей структуры баланса, точнее, их соотношений (собственного капитала, внеоборотных активов, долгосрочных обязательств, кредиторской задолженности, дебиторской задолженности и др.) благополучных предприятий (из анализируемой выборки) со значениями показателей, считающихся нормальными (нормативными) по различным методикам[13] [22], показывает, что наблюдаемые показатели существенно хуже. В

[8] В выборку не включались микропредприятия из-за трудности сопоставления их отчетности с отчетностью малых и средних предприятий.

[9] Экономический анализ / под ред. Г.В. Савицкой. М.: ИНФРА-М, 2014. 649 с.

[10] В том числе строительство, так как в случае малого и среднего бизнеса эта отрасль представлена небольшими подрядными компаниями, не имеющими существенных фондов.

[11] Распределение предприятий выборки по статусу, отраслям, регионам, статистика используемых для построения моделей характеристик здесь не приводится ввиду своего достаточно большого объема.

[12] *Захарова А.А., Телипенко Е.В.* Отбор факторов риска банкротства предприятия на основе метода главных компонент // Электронный журнал Корпоративные Финансы. 2014. № 1. С. 64–72. URL: http://cfjournal.hse.ru/2014-1%20(29).html

связи с этим были рассчитаны по каждому сектору условно нормальные значения показателей (из набора в 55 исходных) как среднее арифметическое от соответствующего нормативного значения и значения медианы благополучных предприятий, входящих в выборку. На основании этого введены 7 бинарных переменных, характеризующих значительное отклонение соответствующего финансового показателя от условно нормального для разных секторов экономики (см. табл. 3).

Логит-модели оценки состоятельности компаний МСБ

В результате применения предложенного алгоритма отбора переменных были разработаны логит-модели оценки состоятельности компаний МСБ. В качестве зависимой переменной используется бинарная переменная, отражающая статус компании. Она приравнивается к 1, если по отношению к компании открыта любая из процедур банкротства (включая наблюдение), и равна 0, если компания действующая и благополучная. Результаты оценки коэффициентов логит-модели (методом максимального правдоподобия) приведены в табл. 4.

Можно выделить два фактора, включение которых во все модели позволило существенно улучшить их качество: принадлежность компании к группе и логарифм выручки. Факт принадлежности компании к группе снижает вероятность наступления несостоятельности, поскольку говорит о (возможной) поддержке со стороны других членов группы, как о (вполне возможной) реорганизации потенциального проблемного актива в форме присоединения. Причина очевидна – проведение любой процедуры банкротства может оказать негативное влияние на репутацию всех членов группы, что вряд ли является позитивным фактом, в том числе для потенциальных инвесторов. Включение второго фактора (логарифма выручки) в представленные модели тоже представляется естественным. Он фактически характеризует размер компании. Очевидно, что чем больше компания, тем значительнее последствия ее банкротства – и финансовые, и социальные. Поэтому вполне естественно предположить, что различные (в том числе и государственные и общественные) структуры будут следить за «здоровьем» более крупных предприятий, оказывать им поддержку, снижая риск потери предприятием финансовой состоятельности (введением судом одной из процедур банкротства).

Величина одного из интегральных показателей качества подгонки – площадь под ROC-кривой (AURoc, см. табл. 4) превышает 0,92 для всех разработанных моделей. Это позволяет сделать вывод, что представленные модели не только обоснованы с экономической точки зрения, но обладают качественными статистическими характеристиками.

Согласно результатам проверки классификационной силы (см. табл. 5, порог классификации по умолчанию принят равным 0,5) использование моделей дает возможность производить оценку состоятельности и вероятности введения одной из процедур банкротства с точностью почти до 85% для всей выборки в целом. Максимальная точность достигается в ходе применения модели для фондоемких отраслей (секторы 2 и 3) – 90% и выше. При этом показатели прогнозной силы моделей отличаются от классификационных (см. табл. 6) незначительно, что говорит о высоком качестве моделей и возможности их использования не только на обучающей выборке, но и на внешних данных.

Гистограммы спрогнозированных (по моделям) вероятностей быть несостоятельным для состоятельных (по факту *bank* = 0) и предприятий, по отношению к которым открыта одна из процедур банкротства (*bank* = 1), приведены на рис. 1. Анализ данных рис. 1 свидетельствует, что модели позволяют достаточно четко разграничить предприятия в соответствии с их первоначальной классификацией. Следует подчеркнуть, что для большинства финансово состоятельных компаний спрогнозированная вероятность быть несостоятельным не превышает 20%, а вероятность банкротства большинства членов противоположной группы превышает 70%.

Добавим в представленные логит-модели оценки состоятельности переменные, характеризующие денежный поток компании в соответствии с доступными третьим лицам данными отчетности (см. табл. 7).

[13] Экономический анализ / под ред. Г.В. Савицкой. М.: ИНФРА-М, 2014. 649 с.; *Сергеев Е.О.* Алгоритм определения нормативных отраслевых значений финансовых коэффициентов // Научный диспут: вопросы экономики и финансов / тезисы докладов Международной научно-практической конференции (Киев–Будапешт–Вена, 20 ноября 2014 г.). URL: http://cyberleninka.ru; *Черник А.А.* Определение нормативных значений коэффициентов финансовой устойчивости для организаций различных видов экономической деятельности в условиях применения отдельных политик финансирования активов // Научная электронная библиотека. URL: http://cyberleninka.ru

В конечном итоге в модели вошли не все показатели анализа денежного потока.
В частности, для модели сельского хозяйства значимыми оказались только 2 из 4 показателей *CF*1 (*Денежный поток* / *Обязательства*), который указывает на способность компании расплачиваться по привлеченным средствам за счет собственной деятельности, а также показатель покрытия процентов *CF*4, указывающий на способность компании обслуживать свои обязательства. Даже после субсидирования деятельности для данной категории предприятий и активного субсидирования процентных ставок по краткосрочным кредитам далеко не все компании в состоянии генерировать денежный поток, достаточный для погашения оставшейся части процентов и основного долга, без его рефинансирования. С одной стороны, это указывает на слабый уровень развития этих отраслей на современном этапе, с другой стороны – на недостаточные меры по их поддержанию со стороны государства. Показатель покрытия процентов *CF*4 вошел в модели для фондоемких отраслей, а также в модели торговли, так как этот показатель является одним из наиболее важных индикаторов при инвестиционном кредитовании. Один из ключевых показателей, на который опираются банки при принятии решения о кредитовании клиентов, – способность компании расплачиваться по краткосрочным обязательствам за счет текущей деятельности *CF*3, не оказал значимого влияния на качество модели оценки состоятельности. Для группы отраслей, состоящих из услуг, он также не внес значимой информации в модель. При этом показатель *CF*1 (*Денежный поток / Обязательства*) оказался значимым.

Для общей модели по всем отраслям и регионам весомым является использование соотношения денежного потока и обязательств *CF*1 и соотношения чистого денежного потока и чистой прибыли *CF*2. Чем в большей степени чистая прибыль обличена в форму реальных денег, тем, несомненно, лучше для компании.

В целом использование упомянутых переменных, позволяющих оценить денежный поток, привело к улучшению прогнозных характеристик, разработанных логит-моделей в среднем на 1–2 п.п.

Интеллектуальный капитал

Включим в модели параметры, характеризующие интеллектуальный капитал (ИК) компании. Обходя сложность количественного измерения ИК (обычно как разность рыночной оценки стоимости компании и стоимости ее физических активов), будем использовать введенные в работе [23] коэффициенты добавленной стоимости физического капитала *CEE*, человеческого капитала *HCE* и структурного капитала *SCE*[14]. Добавим также показатель, характеризующий долю нематериальных активов в активах компании (табл. 8).

Включение указанных переменных увеличило прогнозную силу модели на 0,5–1,5 п.п. Необходимо подчеркнуть, что для сельского хозяйства и промышленности (секторы 1, 2) оказался существенным человеческий капитал C_2, для фондоемких (транспорт и связь, сектор 3) важен инвестированный капитал C_1. Значимое влияние в секторе 5 (услуги) имеет доля нематериальных активов C_5.

Технологическая эффективность

Для анализа технологической эффективности использования ресурсов компании была оценена производственная функция с транслогарифмической спецификацией для каждого из секторов методом стохастической границы [24–27] (в качестве зависимой переменной была использована общая выручка предприятия). Оцененные (при помощи построенных моделей) коэффициенты технологической эффективности *TEi* для каждого из благополучных и находящихся под одной из процедур банкротства предприятий хотя и отличались, но не очень сильно (особенно для сектора 4). Учитывая, что корреляция между риском банкротства и технологической эффективностью все же есть (значимая, естественно, отрицательная), сконструирована и включена в итоговую модель бинарная переменная *E* (*Ei* = 1 для предприятий, у которых *TEi* > 0,8, и *Ei* = 0 в противном случае).

Получившиеся модели оценки состоятельности компаний МСБ приведены в табл. 9. Прогнозные характеристики полученной модели приведены в табл. 10.

Таким образом, включение в модель показателей, отражающих качество управления ресурсами компании, существенно улучшило качество и

[14] Добавленная стоимость компании в рамках цепочки создания стоимости продукта/услуги определялась как сумма затрат на оплату труда (фонд заработной платы), отчислений на социальные нужды, амортизационных отчислений и прибыли от продаж.

прогнозную силу разработанных ранее моделей оценки состоятельности компаний МСБ и позволило прогнозировать вероятность введения одной из процедур банкротства с высокой точностью, что подтверждает гипотезу 2.

Заключение

В результате проведенного анализа построены логит-модели диагностики и прогнозирования состоятельности предприятий МСБ. Квалификационные характеристики и прогнозная сила приведенных моделей существенно выше, чем, например, моделей, приведенных в работе [17]. Основной вклад в улучшение качества моделей связан со следующими аспектами. Во-первых, для предприятий МСБ, относящихся к разным секторам деятельности, строились свои модели. Это позволило учесть специфику структуры баланса предприятий, относящихся к одному сектору. Дополнительно были оценены условно нормальные значения соотношений основных показателей баланса предприятий МСБ по каждому сектору в отдельности. Дополнительно в модель включены бинарные переменные, сигнализирующие о сильном отклонении некоторых характеристик от условно нормальных, переменные, характеризующие качество управления ресурсами компании (финансовыми, интеллектуальными) и оценивающие уровень ее технологической эффективности. Тем самым гипотезы 1 и 2 подтверждаются.

Хотя построенные модели нацелены на прогноз и не анализируют причины случившейся «болезни» компании, но могут косвенно оценивать эффективность «оздоровительных» мероприятий, результаты которых не могут не отразиться на финансовых показателях предприятия и, как следствие, скорректировать прогноз.

Использование предлагаемых моделей для диагностики предприятий МСБ позволит выявлять проблемные предприятия и диагностировать риски вероятного банкротства, что будет полезно для владельцев бизнеса, кредиторов компании, ее внешних контрагентов, а также для судебных органов при принятии решения об открытии одной из процедур банкротства.

Таблица 1

Точность прогноза разными моделями риска банкротства предприятий МСБ (доля правильно определенных банкротов), %

Модель	За год до банкротства	За 2 года до банкротства	За 3 года до банкротства
Логит-модель [17]	77 (80)	73 (69)	78 (86)
Модель Люговской	65 (73)	61 (73)	53 (55)
Логит-модель Дж. Ольсона	75 (77)	71 (71)	65 (69)
Модель Давыдовой – Беликова	70 (72)	68 (66)	63 (65)
Z-счет Альтмана	74 (75)	69 (64)	58 (63)

Примечание. В скобках указана доля правильно определенных действующих предприятий (небанкротов).
Источник: [17]

Таблица 2

Отобранные из первоначального набора и включенные в модели показатели

Показатель	Порядок расчета
Общие показатели O_1 – O_7	
ln (*Выручка*) O_1	–
ln (*Активы*) O_2	–
ln (*Возраст*) O_3	–
ln (*Чистые активы*) O_4	ln (*Чистые активы*), если чистые активы > 1, в противном случае – 0
Динамика выручки (по модели Ольсона) O_5	$Выручка_t – Выручка_{t-1} / \|Выручка_t\| + \|Выручка_{t-1}\|$
Группа O_7	Равна 1, если компания входит в группу, и равна 0 в противном случае
Показатели рыночной устойчивости (R_1 – R_{10})	
Мобильность R_5	*Оборотные активы / Активы*
Имущество производственного назначения R_6	(*Внеоборотные активы + Запасы*) / *Активы*
Банкротство R_{10}	*Собственные оборотные средства /Активы*
Показатели финансовой устойчивости (F_1 – F_8)	
Автономия F_2	*Собственный капитал / Активы*
Долг / EBITDA F_4	*Обязательства / EBITDA*
Убытки F_6	Равны 1, если у компании убыток за последние две отчетные даты
Чистое финансирование F_7	($Долг_t – Долг_{t-1}$ + *Уплаченные проценты*) / *Внеоборотные активы*
Бюджетная политика F_8	1, если чистое финансирование > 1, *EBITDA* < 0

Показатели деловой активности (D_1 – D_8)	
Продолжительность финансового цикла D_5	*Срок оборачиваемости дебиторской задолженности – Срок оборачиваемости кредиторской задолженности + Срок оборачиваемости запасов*
Показатели рентабельности (I_1 – I_{10})	
Рентабельность активов (ROA) I_3	*Чистая прибыль / Активы*
Рентабельность прочих доходов и расходов I_8	(*Прочие доходы – Прочие расходы*) / *Выручка*
Рентабельность активов по нераспределенной прибыли I_{10}	*Нераспределенная прибыль / Активы*

Примечание. Из 8 показателей ликвидности L_1 – L_8 ни один не включен. Показатель с индексом t означает значение в рассматриваемый период t , соответственно показатель с индексом t – 1 – значение показателя в предшествующий период.

Таблица 3

Переменные, сформированные на основе условно нормативных значений

Показатель	Порядок расчета
Уровень коэффициента текущей ликвидности N_1	Равняется 1, если коэффициент текущей ликвидности меньше 1, в противном случае равняется 0
Прибыль от основной деятельности N_2	Равняется 1, если прибыль от реализации меньше 0, в противном случае равняется 0
Долг / EBITDA N_3	Равняется 1, если *Долг / EBITDA* > 3 для секторов 1 и 5, если *Долг / EBITDA* > 5 – для прочих секторов, в противном случае равняется 0
Доля оборотных активов N_4	Равняется 1, если *Оборотные активы* / *Активы* > 90%, равна 0 в противном случае
Банкротство N_5	Равняется 1, если *Собственные оборотные средства* / *Активы* < 0,1, в противном случае равняется 0.
Финансовый цикл N_6	Равняется 1, если Ф*инансовый цикл* (*ФЦ*) ≤ 100. Равняется 2 , если 100 < *Финансовый цикл* < 250. Равняется 3, если *Финансовый цикл* ≥ 250
Капитализация N_7	Равняется 1, если *Обязательства* / *Собственный капитал* > 2 для секторов 1 и 5, если *Обязательства* / *Собственный капитал* > 4 – для прочих секторов, противном случае равняется 0
Соотношение дебиторской и кредиторской задолженности N_8	Равняется 1, если *Дебиторская задолженность* / *Кредиторская задолженность* > 10. В противном случае равняется 0
Покрытие инвестиций N_9	Равняется 1, если (*Собственный капитал* + *Долгосрочные кредиты и займы*) / / *Внеоборотные активы* < 1 для секторов 2 и 3, и если (*Собственный капитал* + *Долгосрочные кредиты и займы*) / *Внеоборотные активы* < 2 – для прочих секторов. В противном случае равняется 0

Таблица 4

Логит-модели оценки состоятельности

Показатель	Общая модель	Сельское хозяйство (сектор 1)	Промышленность (сектор 2)	Связь, транспорт (сектор 3)	Торговля (сектор 4)	Прочие услуги (сектор 5)
I_{10}	–	–0,99**	–	0,74**	–	–
O_1	–0,86**	–1,08**	–0,31**	–0,65**	–0,52**	–1,14**
O_3	–0,17**	–0,63**	–	–	–	–
N_2	1,26**	–	0,92**	0,79**	–	1,33**
O_2	0,29**	–	–	–	–	0,39**
D_5	1,41e–07*	8,66e–06**	–	4,18e–06**	8,42e–08*	–
N_5	0,52**	0,71**	0,53**	0,97**	–	1,65**
O_7	–2,56**	–2,47**	–2,53**	–2,84**	–3,07**	–2,19**
O_4	–0,06	–	–	–	–0,13**	–
N_3	–	1,12**	–	–	–	–
I_8	–	0,11**	–	–	–	–
F_4	–	–	0.01**	0,01**	–	–
I_3	–	–	–1,55**	–	–	–
F_6	–	–	0,3**	–	–	–
F_2	–	–	–0,88**	–0,74**	–2,32**	–
F_7	–	–	–	0,00005**	–	–
F_8	–	–	–	–	0,57**	–
N_8	–	–	–	–	0,81**	–
O_5	–	–	–	–	–	–1,01**
R_5	–	–	–	–	–	4,45**

Cons	7,79**	14,74**	4,37**	8,21**	7,59**	4,69**
Pseudo *R*2	0,4518	0,5326	0,4839	0,5018	0,4998	0,4859
AURoc***	0,9046	0,9385	0,9013	0,9153	0,9192	0,9229
Число наблюдений	9 640	1 076	2 061	1 596	2 764	1 021

* Уровень значимости – 5%.

** Уровень значимости – 1%.

*** Area Under Receiver Operating Characteristic Curve –площадь под ROC-кривой.

Таблица 5

Классификационные характеристики моделей, %

Показатель	Общая модель	Сектор 1	Сектор 2	Сектор 3	Сектор 4	Сектор 5
Ошибка 1-го рода	14,3	13,8	9,3	9,4	12,2	9,.5
Ошибка 2-го рода	13,9	11,8	8,5	11,6	11,1	12,3
Доля верно определенных компаний	85,5	88,9	92,4	90,1	89,2	88,2

Таблица 6

Прогнозные характеристики моделей, %

Показатель	Общая модель	Сектор 1	Сектор 2	Сектор 3	Сектор 4	Сектор 5
Ошибка 1-го рода	13,2	13,1	9,5	9,9	11,9	14,4
Ошибка 2-го рода	15,5	12,2	9,3	12,7	13,1	11,8
Доля верно определенных компаний	84,9	88,3	92,1	89,5	88,8	87,5

Таблица 7

Переменные, характеризующие денежный поток

Коэффициент	Порядок расчета
*CF*1	*Денежный поток / Обязательства*
*CF*2	*Чистый денежный поток / Чистая прибыль*
*CF*3	*Операционный денежный поток / Краткосрочные обязательства*
*CF*4	(*Денежный поток + Проценты уплаченные + Налоги*) / *Проценты к уплате*

Таблица 8

Переменные, отражающие интеллектуальный капитал компании

Коэффициент	Показатель	Порядок расчета
CEE	C_1	*Добавленная стоимость / Инвестированный капитал*
HCE	C_2	*Добавленная стоимость / Затраты на оплату труда*
SCE	C_3	(*Добавленная стоимость – Затраты на оплату труда) / Добавленная стоимость*
VAIC	C_4	*CEE + HCE + SCE*
Goodwill	C_5	*Нематериальные активы / Активы*

Таблица 9

Итоговые логит-модели оценки состоятельности

Показатель	Общая модель	Сектор 1	Сектор 2	Сектор 3	Сектор 4	Сектор 5
I_{10}	–	–1,82**	–	–2,25**	–	–
$CF4$	–	–0,01**	–0,001**	–0,002**	–0,007**	–
O_1	–0,32**	–0,56**	–0,02**	–0,31**	–0,72**	–1,3**
O_3	–0,23**	–0,89**	–	–	–	–
N_1	0,78**	–	–0,64**	0,42**	–	3,81**
O_2	0,44**	–	–	–	–	0,87**
D_5	–1.98e–07*	0,0001**	–	0,00004**	–3,45e–07*	–
N_5	0,62**	0,57**	0,25**	0,16**	–	–
O_7	–2,62**	–2,87**	–2,4**	–2,67**	–2,97**	–2,04**
O_4	–0,03**	–	–	–	0,12**	–
N_3	–	1,02**	–	–	–	–
I_8	–	0,37**	–	–	–	–
F_4	–	–	–0,01**	0,03**	–	–
I_3	–	–	–2,03**	–	–	–
F_6	–	–	–0,33**	–	–	–
F_2	–	–	-2.32**	–1,47**	–2,77**	–
F_7	–	–	–	0,0001**	–	–
F_8	–	–	–	–	0,64**	–
N_2	–	–	–	–	1,21**	–
N_8	–	–	–	–	0,55**	–
O_5	–	–	–	–	–	2,74**
R_5	–	–	–	–	–	5,49**
R_6	–	–	–	–	–	3,62**
R_{10}	–	–	–	–	–	–0,56**
CF_1	–0,07**	0,05**	–	–	–	0,19**
CF_2	–0,15**	–	–	–	–	–
E	–3,81**	–2,08**	–4,23**	–2,11**	132,2**	–3,53**
C_1	–0,72**	–	–	–0,47**	–0,21**	0,27**
C_2	–	–1,06**	–2,03**	–	–2,01**	–1,09**
C_3	–	–	–	–	–0,17**	–0,07**
C_5	–	–	–	–	–	–12,51**
Cons	2,71**	11,69**	6,01**	6,59**	–117,3**	1,26**
Pseudo $R2$	0,5478	0,5646	0,5584	0,5698	0,5712	0,5529
AURoc	0,9346	0,9541	0,9513	0,9613	0,9782	0,9679
Число наблюдений	10 605	1 204	2 175	2 891	2 165	1 898

** Уровень значимости – 5%.

**** Уровень значимости – 1%.

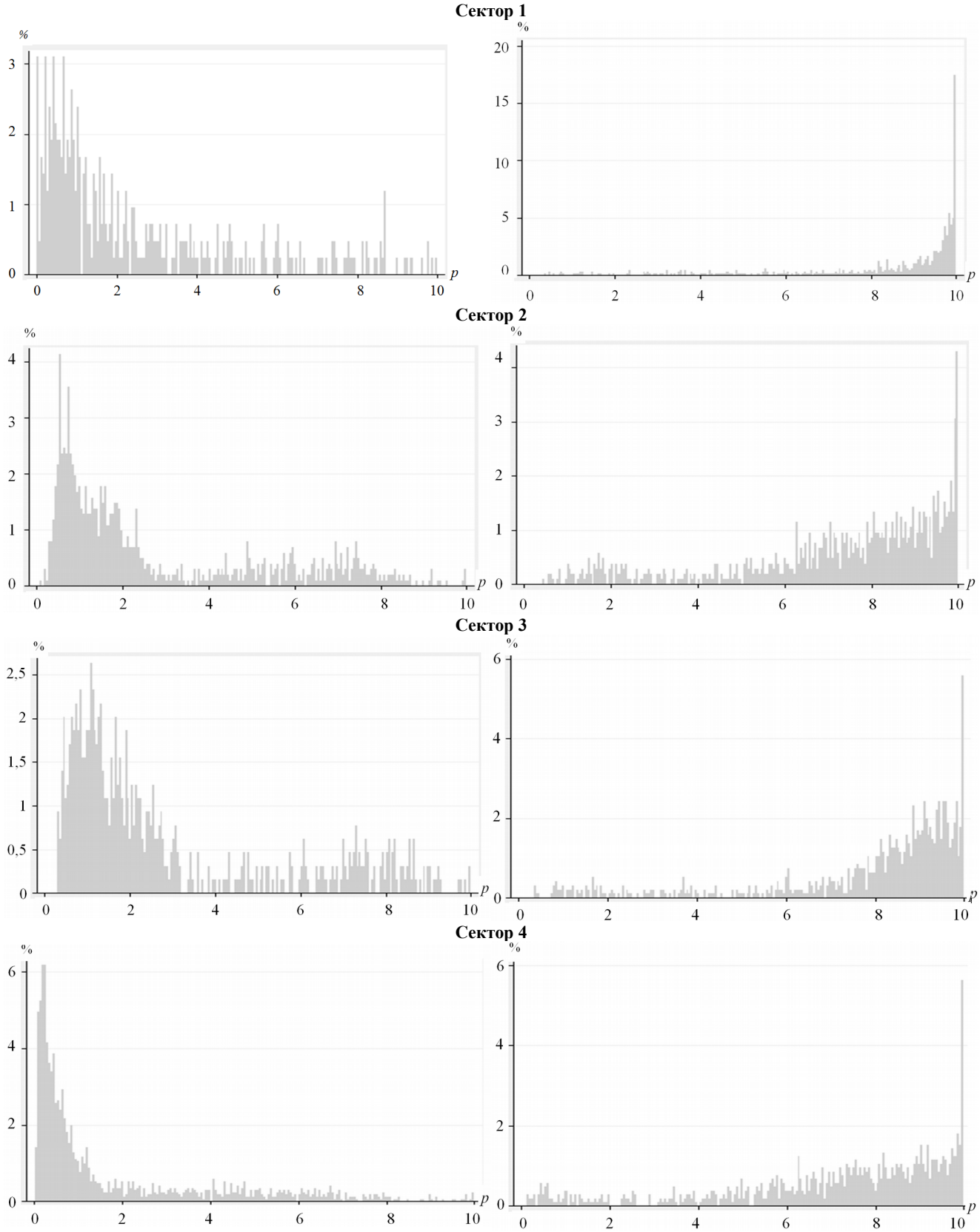
Таблица 10

Прогнозные характеристики моделей, %

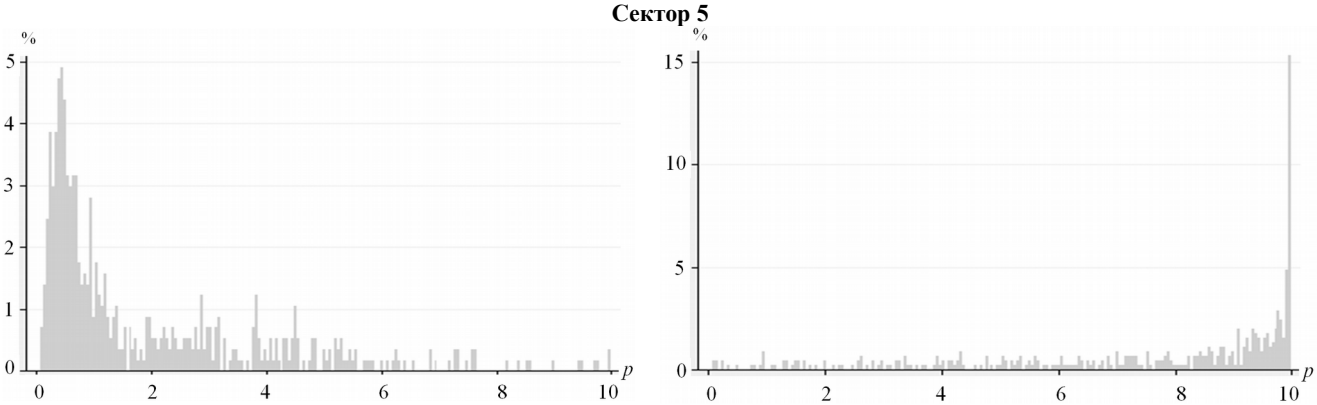
Показатель	Общая модель	Сектор 1	Сектор 2	Сектор 3	Сектор 4	Сектор 5
Ошибка 1-го рода	7,5	5,2	8,8	5,8	3,6	4,7
Ошибка 2-го рода	6,7	6,7	4,3	4,3	6,1	5,6
Доля верно определенных компаний	93,6	95,2	94,9	95	95,5	94,8

Рисунок 1

Качество прогноза логит-моделей оценки состоятельности по секторам



Сектор 5



Примечание. По оси абцисс указана прогнозируемая вероятность, по оси ординат – доля предприятий. Левый столбец – благополучные предприятия, правый – подвергнутые одной из процедур банкротства.

Список литературы

1. *Смелова Т.А., Мерзликина Г.С.* Оценка экономической состоятельности в антикризисном управлении предприятием. Волгоград: Политехник, 2003. 191 с.

2. *Aziz M.A., Dar H.A.* Predicting Corporate Bankruptcy: Whither do We Stand? // Corporate Governance International Journal of Business in Society. 2005. Vol. 6. № 1. P. 18–33.

3. *Демешев Б.Б., Тихонова А.С.* Прогнозирование банкротства российских компаний: межотраслевое сравнение // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2014. Т. 18. № 3. С. 359–386.

4. *Altman E.I.* Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy // Journal of Finance. 1968. Vol. 23. Iss. 4. 1968. P. 589–609.

5. *Springate Gordon L.V.* Predicting the Possibility of Failure in a Canadian Firm // Simon Fraser University, January 1978.

6. *Fulmer J.G.Jr., Moon J.E., Gavin T.A., Erwin M.J.* A Bankruptcy Classification Model For Small Firms // Journal of Commercial Bank Lending. 1984. № 7. P. 25–37.

7. *Федотова М.А.* Сравнительный анализ методик оценки кредитоспособности заемщика // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2010. № 1. С. 101–106.

8. *Зайцева О.П.* Антикризисный менеджмент в российской фирме // Сибирская финансовая школа. 1998. № 11-12. С. 66–73.

9. *Давыдова Г., Беликов А.* Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // Управление риском. 1999. № 3. С. 13–20.

10. *Yazdanfar D.* The bankruptcy determinants of Swedish SME // Belfast. Institute for Small Business & Entrepreneurship. 2008. P. 1–14.

11. *Lugovskaya L.* Predicting default of Russian SMEs on the basis of financial and non-financial variables // Journal of Financial Services Marketing. 2010. Vol. 14. Iss. 4. P. 301–313.

12. *Altman E.I., Sabato G.* Modeling credit risk for SMEs: Evidence form the US market // Abacus. 2007. Vol. 43. Iss. 3. P. 332–357.

13. *Altman E.I., Sabato G., Wilson N.* The value of non-financial information in SME risk management // Journal of Credit Risk. 2010. Vol. 6(2). P. 95–127.

14. *Ohlson J.A.* Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy // Journal of Accounting Research. 1980. № 1. P. 109–131.

15. *Хайдаршина Г.А.* Комплексная модель оценки риска банкротства // Финансы. 2009. № 2. С. 67–69.

16. *Shumway T.* Forecasting Bankruptcy More Accurately: A Simple Hazard Model // Journal of Business. 2001. Vol. 74. № 1. P. 101–124.

17. *Большакова О.Е., Максимов А.Г., Максимова Н.В*. О моделях диагностики состоятельности предприятий малого и среднего бизнеса // Вестник ВГУ. Сер. Экономика и Управление. 2014. № 3. С. 131–142.

18. *Tam K.Y., Kiang M.Y.* Managerial Applications of Neural Networks: The Case of Bank Failure Predictions // Management Science. 1992. Vol. 38. № 7. P. 926–947.

19. *Wilson R.L., Sharda R*. Bankruptcy Prediction Using Neural Networks // Decision Support Systems.1994. Vol. 11. № 5. P. 545–557.

20. *Altman E.I., Marco G., Varetto F.* Corporate Distress Diagnosis: Comparisons Using Linear Discriminant Analysis and Neural Networks (the Italian Experience) // Journal of Banking & Finance. 1994. Vol. 18. № 3. P. 505–529.

21. *Wei L.W., Li J.P., Chen Z.Y.* Credit Risk Evaluation Using Support Vector Machine with Mixture of Kernel. Proceedings of the 7th International Conference on Computational Science. Lecture Notes in Computational Science and Engineering, 2007. Vol. 4488. P. 431–438.

22. *Баженов О.В.* Определение нормативных значений ключевых показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятий медной промышленности // Дискуссия. 2013. № 4. С. 28–34.

23. *Pulic A.* VAIC™ – an accounting tool for IC management // International Journal of Technology Management. 2000. Vol. 20. Iss. 5-8. P. 702–714.

24. *Farrell M.J.* The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society. 1957. Vol. 120. No. 3. P. 253–281.

25. *Meeusen W., Van den Broeck J.* Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error//International Economic Review. 1977. № 18(2). P. 435–444.

26. *Battese G.E., Coelli T.J., Colby T.C.* Estimation of Frontier Production Functions and the Efficiencies of Indian Farms Using Panel Data From ICRISAT Village Level Studies // Journal of Quantitative Economics. 1989. № 5. P. 327–348.

27. *Афанасьев М.Ю.* Модель производственного потенциала с управляемыми факторами неэффективности // Прикладная эконометрика. 2006. № 4. С. 74–89.

ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Risk, Analysis and Evaluation

ON THE ISSUE OF FORECASTING THE SOLVENCY OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES AND PROBABILITY OF THEIR BANKRUPTCY

Ol'ga E. BOL'SHAKOVA[a], Andrei G. MAKSIMOV[b,•], Natal'ya V. MAKSIMOVA[c]

[a] Sberbank of Russia, Volgo-Vyatka Office, Nizhny Novgorod, Russian Federation
bolshakova.olia.337@gmail.com

[b] National Research University – Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Russian Federation
amaksimov@hse.ru

[c] National Research University – Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Russian Federation
nvmaksimova@hse.ru

[•] Corresponding author

Article history:
Received 16 November 2015
Accepted 3 February 2016

JEL classification: C25, C51, G17, G33

Keywords: small business, medium-sized business, diagnostics, model, solvency, econometric modeling

Abstract

Importance The article discusses the issues of evaluating the financial standing of small and medium-sized businesses.

Objectives The research aims at setting up and improving models to assess the solvency of small and medium-sized businesses and forecast their bankruptcy.

Methods We reviewed various types of models. Using econometric tool, we built and evaluated a number of logit models. Coefficients of models were reviewed with the maximum likelihood models. The research also involves various economic and statistical methods, i.e. factor analysis algorithms, step-by-step selection methods, variance inflation factor, etc. Classification characteristics of models were tested with the training sample, considering the area under the ROC curve and analysis of errors of Type 1 and 2. Empirical data proceed from financial statements of companies.

Results The quality of models improved if we take into account the industry of small and medium-sized businesses, design and include parameters describing the corporate resource management. The models we built for diagnostics demonstrated good classification and forecasting trends.

Conclusions and Relevance The proposed models, if used, will help identify distressed companies and assess bankruptcy risks. It will be valuable for business proprietors, lenders, counter-parties, and judicial authorities when they contemplate initiating one of bankruptcy procedures.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

References

1. Smelova T.A., Merzlikina G.S. *Otsenka ekonomicheskoi sostoyatel'nosti v antikrizisnom upravlenii predpriyatiem* [Evaluating the economic solvency as part of corporate crisis management]. Volgograd, Politekhnik Publ., 2003, 191 p.

2. Aziz M.A., Dar H.A. Predicting Corporate Bankruptcy: Whither Do We Stand*? Corporate Governance International Journal of Business in Society*, 2005, vol. 6, no. 1, pp. 18–33.

3. Demeshev B.B., Tikhonova A.S. Prognozipovanie bankrotstva rossiiskikh kompanii: mezhotraslevoe sravnenie [Forecasting bankruptcy of the Russian businesses: a cross-sectoral comparison]. *Ekonomicheskii zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki= HSE Economic Journal*, 2014, vol. 18, no. 3, pp. 359–386.

4. Altman E.I. Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *The Journal of Finance*, 1968, vol. 23, iss. 4, pp. 589–609.

5. Springate G.L.V. Predicting the Possibility of Failure in a Canadian Firm. Simon Fraser University, 1978.

6. Fulmer J.G.Jr., Moon J.E., Gavin T.A., Erwin M.J. A Bankruptcy Classification Model for Small Firms. *Journal of Commercial Bank Lending*, 1984, no. 7, pp. 25–37.

7. Fedotova M.A. Sravnitel'nyi analiz metodik otsenki kreditosposobnosti zaemshchika [The contrastive analysis of techniques for evaluating the borrower's creditworthiness]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Vestnik of Samara State University of Economics*, 2010, no. 1, pp. 101–106.

8. Zaitseva O.P. Antikrizisnyi menedzhment v rossiiskoi firme [Crisis management in the Russian company]. *Sibirskaya finansovaya shkola = Siberian Financial School*, 1998, no. 11-12, pp. 66–73.

9. Davydova G., Belikov A. Metodika kolichestvennoi otsenki riska bankrotstva predpriyatii [Methods for assessing the bankruptcy risk of companies]. *Upravlenie riskom = Risk Management*, 1999, no. 3, pp. 13–20.

10. Yazdanfar D. The Bankruptcy Determinants of Swedish SME. Belfast, Institute for Small Business & Entrepreneurship, 2008, pp. 1–14.

11. Lugovskaya L. Predicting Default of Russian SMEs on the Basis of Financial and Non-Financial Variables. *Journal of Financial Services Marketing*, 2010, vol. 14, iss. 4, pp. 301–313.

12. Altman E.I., Sabato G. Modeling Credit Risk for SMEs: Evidence from the US Market. *Abacus*, 2007, vol. 43, iss. 3, pp. 332–357.

13. Altman E.I., Sabato G., Wilson N. The Value of Non-Financial Information in SME Risk Management. *Journal of Credit Risk*, 2010, vol. 6, iss. 2, pp. 95–127.

14. Ohlson J.A. Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 1980, vol. 18, no. 1, pp. 109–131.

15. Khaidarshina G.A. Kompleksnaya model' otsenki riska bankrotstva [A comprehensive model for the bankruptcy risk assessment]. *Finansy = Finance*, 2009, no. 2, pp. 67–69.

16. Shumway T. Forecasting Bankruptcy More Accurately: A Simple Hazard Model. *Journal of Business*, 2001, vol. 74, no. 1, pp. 101–124.

17. Bol'shakova O.E., Maksimov A.G., Maksimova N.V. O modelyakh diagnostiki sostoyatel'nosti predpriyatii malogo i srednego biznesa [On models for assessing the solvency of small and medium-sized businesses]. *Vestnik VGU. Seriya Ekonomika i Upravlenie = Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*, 2014, no. 3, pp. 131–142.

18. Tam K.Y., Kiang M.Y. Managerial Applications of Neural Networks: The Case of Bank Failure Predictions. *Management Science*, 1992, vol. 38, no. 7, pp. 926–947.

19. Wilson R.L., Sharda R. Bankruptcy Prediction Using Neural Networks. *Decision Support Systems*, 1994, vol. 11, no. 5, pp. 545–557.

20. Altman E.I., Marco G., Varetto F. Corporate Distress Diagnosis: Comparisons Using Linear Discriminant Analysis and Neural Networks: the Italian Experience. *Journal of Banking & Finance*, 1994, vol. 18, no. 3, pp. 505–529.

21. Wei L., Li J., Chen Z. Credit Risk Evaluation Using Support Vector Machine with Mixture of Kernel. Proceedings of the 7th International Conference on Computational Science. Lecture Notes in Computational Science and Engineering, 2007, vol. 4488, pp. 431–438.

22. Bazhenov O.V. Opredelenie normativnykh znachenii klyuchevykh pokazatelei finansovo-khozyaistvennoi deyatel'nosti predpriyatii mednoi promyshlennosti [Determining standards of key indicators of financial and business performance of entities operating in the copper industry]. *Diskussiya = Discussion*, 2003, no. 4, pp. 28–34.

23. Pulic A. VAIC™ – an Accounting Tool for IC Management. *International Journal of Technology Management*, 2000, vol. 20, iss. 5-8, pp. 702–714.

24. Farrell M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, vol. 120, no. 3, pp. 253–290.

25. Meeusen W., Van den Broeck J. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 1977, vol. 18, iss. 2, pp. 435–444.

26. Battese G.E., Coelli T.J., Colby T.C. Estimation of Frontier Production Functions and the Efficiencies of Indian Farms Using Panel Data from ICRISAT Village Level Studies. *Journal of Quantitative Economics*, 1989, no. 5, pp. 327–348.

27. Afanas'ev M.Yu. Model' proizvodstvennogo potentsiala s upravlyaemymi faktorami neeffektivnosti [The production potential model with controllable inefficiency factors]. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*, 2006, no. 4, pp. 74–89.