

Ссылка для цитирования этой статьи:

Илюхин А.А., Радковская Е.В., Илюхина С.В. Экономико-математическое моделирование дефолта заемщика // Human Progress. 2023. Том 9, Вып. 5. С. 3. URL: http://progress-human.com/images/2023/Tom9_5/Iluhin.pdf. DOI 10.34709/IM.195.3. EDN ZNQEZP.

УДК 336.77.067

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОЛТА ЗАЕМЩИКА



Илюхин Алексей Александрович

кандидат экономических наук, доцент
доцент кафедры экономической теории и прикладной социологии
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

iluhiaa@usue.ru
62, ул. 8 Марта,
Екатеринбург, Россия, 620144
+7 (343) 254-29-87



Радковская Елена Владимировна

кандидат экономических наук, доцент
доцент кафедры информационных технологий и статистики
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

rev_urgeu@mail.ru
62, ул. 8 Марта,
Екатеринбург, Россия, 620144
+7 (343) 254-10-39



Илюхина Светлана Викторовна

кандидат экономических наук, доцент
доцент кафедры информационных технологий и статистики
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

iluhina@usue.ru
62, ул. 8 Марта,
Екатеринбург, Россия, 620144
+7 (343) 254-10-39

Аннотация. В условиях высокой волатильности рынка кредитные организации определяют стабильность экономических процессов. Но при этом для них кратно возрастают хозяйственные риски, прежде всего, связанные с потерей кредитных ресурсов. В исследовании разработаны экономико-статистические модели определения уровня вероятности дефолта (PD) заемщика. Совершенствование общей экономико-математической модели дефолта (PD) заемщика осуществлено на основе расширения списка и детального анализа основных экономических факторов, который был осуществлен на основе

эмпирических данных за последние 8 лет, взятых по 51 предприятию методами корреляционно-регрессионного анализа. Использована статистика предприятий широкого круга отраслей производства добычи, переработки экономических ресурсов и производства потребительских благ, это позволило разработать репрезентативные модели. В статье приведены модели, полученные по статистическим данным отдельных крупных российских компаний и результаты расчетов авторов по влиянию факторов на уровень вероятности дефолта (PD) заемщика по 21 крупной компании в РФ. Построение математической модели зависимости уровня вероятности дефолта от различных экономических факторов имеет не только теоретическое, но практическое значение. Прикладные результаты исследования могут быть использованы кредитными предприятиями в организации и оптимизации своей деятельности.

Ключевые слова: экономика банковского сектора; дефолт (PD) заемщика; экономико-математическое моделирование; корреляционный и дисперсионный анализ; экономико-статистическое моделирование.

JEL коды: E59; G21.

Введение

Данное исследование проведено в развитие разработки методологических подходов реализации банковского корпоративного андеррайтинга в условиях экономической нестабильности [1]. В сложившихся современных условиях высокой волатильности рынка для кредитных организаций [2] одной из наиболее важных задач является определение финансового состояния заемщика и его способность вернуть выдаваемый кредит. Выяснению этого вопроса и служит определение уровня вероятности дефолта (PD) заемщика [3]. Данный показатель позволяет не только в качественном, но и в количественном измерении определить уровень кредитного риска в каждом конкретном случае и в соответствии с ним рассчитать уровень необходимого резерва, закладываемого кредитной организацией для покрытия возможных потерь.

Вероятность дефолта заемщика – это главная составляющая оценки кредитного риска. Для кредитной организации крайне важно построить модель вероятности дефолта заемщика, которая будет давать точные и надежные оценки кредитного риска. Учеными предлагаются различные модели для оценки рисков дефолта организаций [4-6], при этом считаем необходимым учитывать национальные особенности нашей страны.

С учётом того, что понятие дефолта заемщика до настоящего времени является дискуссионным [7-13], в исследовании использовалась официальная трактовка этой категории, Банк России определяет дефолта заемщика по следующим критериям:

- должник не может полностью погасить свои кредитные обязательства в полном объеме (без реализации обеспечения);
- должник признан банкротом по решению суда;
- должник просрочил погашение любых существенных кредитных обязательств перед банком более чем на 90 дней.¹

Расчет величины PD является достаточно нетривиальной задачей, не имеющей сложившегося к настоящему времени алгоритма решения. Для релевантного определения PD необходим анализ большого числа факторов, влияющих на вероятность дефолта заемщика, а также выяснение их конкретного количественного влияния.

В ходе исследования факторов, способных, по мнению авторов, оказывать влияние на возможности возврата заемщиком взятого им кредита, выявилось несколько важных моментов.

Одним из них является необходимость учета вида деятельности заемщика, т.е. учет отраслевой структуры выдаваемых кредитов. Однако даже в рамках одной отрасли различия кредитуемых предприятий весьма значительны и зависят как от уникального профиля предприятия, так и от его размеров, организационной структуры, системы взаимодействия с контрагентами, величины берущихся им краткосрочных и долгосрочных займов, в целом уровня кредитоспособности. При этом имеют место и общие факторы кредитного риска, такие как ставки по кредитам и займам, подверженность отрасли рискам, ВВП, уровень инфляции и т.п.

Целью статьи является построение математической модели зависимости уровня вероятности дефолта от различных экономических факторов.

Модели и методы

Влияние различных факторов на кредитоспособность конкретной организации необходимо изучать как в разрезе отдельно взятого предприятия, так и в совокупности с остальными предприятиями отрасли.

В рамках исследования был проведён анализ влияния на уровень вероятности дефолта некоторых факторов, отобранных авторами по результатам предварительного

¹ Письмо ЦБ РФ № 192-Т от 29.12.2012 «О методических рекомендациях по реализации подхода к расчету кредитного риска на основе внутренних рейтингов». URL: <https://www.consultant.ru/>.

экономического анализа. Определение влияния проводилось методами корреляционно-регрессионного анализа на основе эмпирических данных за последние 8 лет, взятых по 51 предприятию [14; 15].

В разработанных моделях в качестве эндогенной переменной выбран уровень вероятности дефолта (PD), а в качестве экзогенных переменных используются следующие факторы: ВВП (x_1), уровень ПС (x_2), подверженность отрасли рискам (x_3), господдержка (x_4), долгосрочные кредиты и займы (x_5), краткосрочные кредиты и займы (x_6). При этом переменная x_4 является бинарной, отражающей факт наличия или отсутствия господдержки, переменная x_3 варьируется от 0% до 100% в зависимости от оценки общего риска отрасли, остальные переменные являются количественными, выражающими конкретные значения соответствующего показателя.

Статистические данные по исследуемым предприятиям охватывают следующие направления деятельности: металлургия (в т.ч. производство листового холоднокатаного стального проката, производство алюминия, производство меди, производство чугуна, стали и ферросплавов, обработка отходов и лома цветных металлов), энергетика (производство электроэнергии тепловыми электростанциями), нефтегазовая отрасль (в т.ч. добыча сырой нефти, производство нефтепродуктов, торговля оптовая твердым, жидким и газообразным топливом), строительство, машиностроение (в т.ч. производство легковых автомобилей, производство автотранспортных средств), транспорт (в т.ч. перевозка воздушным пассажирским транспортом, деятельность железнодорожного транспорта), производство удобрений (в т.ч. азотных соединений), производство пищевой продукции (в т.ч. производство вина и дистиллированных питьевых алкогольных напитков), общественное питание (в т.ч. деятельность ресторанов и услуги по доставке продуктов питания), розничная торговля (в т.ч. пищевыми продуктами, мебелью, косметическими и товарами личной гигиены, лекарственными средствами в специализированных магазинах), оптовая торговля (в т.ч. фармацевтической продукцией), деятельность в области связи на базе проводных технологий, деятельность туристических агентств (в т.ч. деятельность по предоставлению мест для временного проживания), деятельность в области демонстрации кинофильмов.

При общем исследовании, использующем в качестве статистической базы данные по всем наблюдениям, учет факторов, имеющих равные значения для всех предприятий, целесообразно исключить из рассмотрения как не вносящие значимого вклада в дифференциацию влияния факторов на эндогенную переменную. К числу подобных факторов можно отнести ключевую ставку ЦБ РФ (ставка рефинансирования), уровень инфляции, процентные ставки по долгосрочным и краткосрочным кредитам и займам, а

также их максимальные и минимальные сроки. Надо отметить, что поиск общей формулы зависимости по набору столь различных направлений деятельности не дает приемлемых результатов, что обосновывает выполнение корреляционно-регрессионного анализа по каждой из отраслей в отдельности.

Ниже приведены отдельные модели, полученные по статистическим данным конкретных предприятий из вышеперечисленных отраслей, и которые по результатам проведенного после решения экономико-математического анализа могут быть признаны отвечающими критериям качества.

Добыча сырой нефти (ПАО "Татнефть" имени В.Д. Шашина). Уравнение зависимости выглядит следующим образом:

$$y = 0,20389 - 0,01003 x_1 + 0,01549 x_2 + 0,09827 x_4.$$

В процессе исследования факторы x_3 (подверженность отрасли рискам), x_5 (долгосрочные кредиты и займы) и x_6 (краткосрочные кредиты и займы) были признаны незначимыми на основании значений статистики Стьюдента для них и исключены из модели. Остальные факторы оказывают достоверное влияние на PD. При этом величина коэффициента детерминации, равная 0,99858, говорит о высокой доле реальных наблюдений, попадающих под описание модели. Вероятность выполнения нуль-гипотезы для коэффициента детерминации (0,000015) свидетельствует о достаточной репрезентативности выборки. Коэффициенты регрессии, полученные в ходе решения, позволяют проанализировать конкретное количественное влияние каждого учтенного в модели фактора на эндогенную переменную (уровень вероятности дефолта). Например, увеличение ВВП на одну единицу снижает PD для рассматриваемой отрасли (добыча сырой нефти) на 0,01003 единиц. Аналогичным образом могут быть проинтерпретированы коэффициенты регрессии других факторов модели. При этом прогноз, построенный на основании полученной модели, может быть дан не только для наиболее вероятного (среднего) случая, уравнение которого и приведено выше, но и для оптимистического (y_1), и пессимистического (y_2) варианта развития событий.

$$y_1 = 0,19626 - 0,01125 x_1 + 0,01315 x_2 + 0,08664 x_4,$$

$$y_2 = 0,21153 - 0,0088 x_1 + 0,01782 x_2 + 0,10991 x_4.$$

Производство нефтепродуктов (ПАО "Нефтяная компания "ЛУКОЙЛ"). Значимым фактором в данном случае является переменная x_6 (краткосрочные кредиты и займы), при этом увеличение объема краткосрочных кредитов и займов увеличивает вероятность дефолта. Уравнения для наиболее вероятного (y), оптимистического (y_1) и пессимистического (y_2) случаев выглядят следующим образом:

$$y = 0,67755 + 0,000000120814 x_6,$$

$$y_1 = 0,435098806 + 0,000000059328 x_6,$$

$$y_2 = 0,919999557 + 0,000000182301 x_6.$$

Для остальных предприятий (видов деятельности), представленных в таблице 1, принцип построения регрессионной модели аналогичен вышеописанному.

Табл. 1: Аналитическая группировочная таблица влияния факторов на просроченную задолженность по кредитам юридическим лицам, по ОКВЭД в разрезе отраслей (млн. р.)²

№	Вид деятельности (предприятие)	Влияние					
		a	x1	x2	x4	x5	x6
1	Добыча сырой нефти (ПАО "Татнефть" имени В.Д. Шашина)	0,20389	-0,0100257	0,01548704	0,09827352		
2	Производство нефтепродуктов (ПАО "Нефтяная компания "ЛУКОЙЛ")	0,67755					0,00000012
3	Машиностроение (АО НПО "Тяжпромарматура")	20,39926	2,62130103				
4	Перевозка воздушным пассажирским транспортом (ОАО Авиакомпания "Уральские авиалинии")	1,36753	-0,123404				0,00000068
5	Деятельность железнодорожного транспорта (ОАО "Российские железные дороги")	5,8012582		0,07424984		-0,0000000025	
6	Деятельность железнодорожного транспорта (АО "Федеральная пассажирская компания")	6,82159		-0,3789235	2,10704293	-0,000000008	
7	Производство чугуна, стали и ферросплавов (ПАО "Магнитогорский металлургический комбинат")	-0,88063		0,21991989		0,0000000466	- 0,0000000273
8	Производство электроэнергии тепловыми электростанциями (ПАО "Мосэнерго")	0,33303				0,0000000067	0,0000000072
9	Производство удобрений и азотных соединений (ПАО "Акрон")	4,79199				-0,0000000294	
10	Производство легковых автомобилей (АО "АВТОВАЗ")	73,96537	-1,4925513			-0,0000006821	0,0000004837
11	Торговля оптовая фармацевтической продукцией (ООО "Джонсон & Джонсон")	0,462	0,0042			0,0000021515	0,0000000000
12	Торговля розничная мебелью (ООО "ЛЕРУА МЕРЛЕН ВОСТОК")	3,25749					0,0000001417
13	Торговля розничная пищевыми продуктами (АО "Торговый дом "ПЕРЕКРЕСТОК")	3,31369	-0,20411022			0,0000000121	- 0,0000000119

² Составлено авторами на основе проведённого исследования

№	Вид деятельности (предприятие)	Влияние					
		a	x1	x2	x4	x5	x6
14	Торговля розничная косметическими и товарами личной гигиены (ООО "Екатеринбург ЯБЛОКО")	3,24797					0,0000005838
15	Торговля розничная лекарственными средствами в аптеках (ООО "ПЛАНЕТА ЗДОРОВЬЯ")	78,66179	4,17139099				– 0,0010708442
16	Деятельность в области связи на базе проводных технологий ("РОСТЕЛЕКОМ")	4,06926	0,050003	0,0800212	–0,5213786	0,0000000024	
17	Деятельность туристических агентств (ООО "ТТ–ТРЭВЕЛ")	108,45894					– 0,0000044484
18	Деятельность туристических агентств (ООО "Библио–Глобус Туроператор")	2,07544			6,55461387		
19	Деятельность ресторанов и услуги по доставке продуктов питания (ООО "МАКДОНАЛДС")	2,45801	0,00799514	–0,0796686	–0,3260627		
20	Деятельность ресторанов и услуги по доставке продуктов питания ("БУРГЕР РУС")	4,26993	0,25400203		6,94237606		– 0,0000002694
21	Деятельность в области демонстрации кинофильмов (ООО "КАРО Фильм Менеджмент")	41,40481		–0,4058095		–0,0000218418	

Меры воздействия каждого конкретного фактора, отражаемые соответствующими коэффициентами регрессии, представлены в таблице 1 и характеризуют их количественное влияние на уровень вероятности дефолта. При этом положительный коэффициент отражает наличие прямой, а отрицательный – обратной связи между фактором и зависимой переменной.

Выводы и заключение

Определяя результаты и направления дальнейших исследований, следует сказать следующее. Для улучшения качества прогнозов по построенным моделям, следует увеличить размер статистической выборки, используемой для исследования. Также целесообразно далее расширять круг анализируемых предприятий.

Влияние фактора x3 (подверженность отрасли рискам) практически для всех моделей, построенных для различных направлений деятельности, оказалось малозначимым. В связи с этим для используемой выборки учет его оказался нецелесообразным. Также заметим, что факторы x5 (долгосрочные кредиты и займы) и x6 (краткосрочные кредиты и займы), несмотря на их статистическую значимость, обнаруживают весьма незначительное влияние на PD, что видно из абсолютных величин их значений. Можно рекомендовать учитывать их

влияние при анализе достаточно больших статистических выборок по предприятиям в рамках одной и той же отрасли.

Совершенствование общей экономико-математической модели дефолта (PD) заемщика предполагает расширение списка и детальный анализ дополнительных экономических факторов. Использование дополнительной статистики, позволяющей расширить горизонт анализа также, без сомнения, позволит улучшить качество искомых моделей. В качестве сопутствующих шагов исследования может быть применен корреляционный анализ отдельных выделенных групп факторов.

Построение математической модели зависимости уровня вероятности дефолта от различных экономических факторов имеет не только теоретическое, но и безусловное практическое значение. Прикладные результаты такого моделирования могут быть использованы кредитными предприятиями в организации и оптимизации своей деятельности, поскольку актуальность данной задачи в настоящее время весьма высока.

Литература

1. Илюхин, А.А.; Илюхина, С.В.; Новикова, Н.Ю. Экономика банковского сектора: моделирование кредитных рисков // Human Progress. 2023. Том 9. Вып. 3. С.: 4. URL: http://progress-human.com/images/2023/Tom9_3/Ilukhin.pdf. DOI 10.34709/IM.193.4.
2. Hilscher, J.; Raviv, A.; Wiener, Z. Dynamic volatility regulation of financial institutions // Finance Research Letters. 2023. С.: 104968.
3. Rylov, D.V.; Shkurkin, D.V.; Borisova, A.A. Estimation of the probability of default of corporate borrowers // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. Том 6. № 1. С.: 63-67.
4. Westgaard, S.; Van der Wijst, N. Default probabilities in a corporate bank portfolio: A logistic model approach // European journal of operational research. 2001. Том 135. № 2. С.: 338-349.
5. Carling, K.; и др. Corporate credit risk modeling and the macroeconomy // Journal of banking & finance. 2007. Том 31. № 3. С.: 845-868.
6. Matenda, F.R.; и др. Corporate default risk modeling under distressed economic and financial conditions in a developing economy // Journal of Credit Risk. 2019. Том 17. № 1.
7. Гусятников, С.В. Математическое моделирование вероятности дефолта заемщика // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2014. № 7 (66). С.: 85-88.
8. Жевага, А.А.; Карминский, А.М.; Кузнецов, И.В.; Моргунов, А.В. Моделирование вероятности дефолта корпоративных заемщиков // Управление финансовыми рисками. 2016. № 1. С.: 12-26.

9. Жевага, А.А.; Карминский, А.М.; Кузнецов, И.В.; Моргунов, А.В. Моделирование вероятности дефолта корпоративных заемщиков // Управление корпоративными финансами. 2016. № 1. С.: 64-78.
10. Гринева, Н.В.; Михайлова, С.С. Применение машинного обучения для моделирования дефолта заемщика // Инновации и инвестиции. 2023. № 4. С.: 254-262.
11. Маслѐнкова, М.В. Использование концепций pit-ttc при моделировании вероятности дефолта корпоративных заемщиков // Научный альманах. 2016. № 3-1 (17). С.: 203-208.
12. Рублева, Т.А. Моделирование системы управления риском дефолта заемщика при ипотечном кредитовании // Экономика, предпринимательство и право. 2012. № 4 (15). С.: 34-52.
13. Тотмянина, К.М. Моделирование вероятности дефолта корпоративных заемщиков с учетом макроэкономической конъюнктуры // Корпоративные финансы. 2014. Том 8. № 1 (29). С.: 18-30.
14. Илюхин, А.А.; Илюхина, С.В. Управление рисками в организации и информационные технологии / В сборнике: Управление проектами: карьера и бизнес. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Москва. 2022. С.: 76-81.
15. Радковская, Е.В. Регрессионные модели в оценке результатов централизации операционной функции банка / В сборнике: Проблемы управления, экономики и права в общегосударственном и региональном масштабах. Сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции. Пенза. 2020. С.: 148-151.

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE BORROWER'S DEFAULT

Alexey Pyukhin

Cand. Sc. (Econ.), Associate Prof., Prof. of Economic Theory and Corporate Governance Dept.,
Ural State University of Economics
Yekaterinburg, Russia

Elena Radkovskaya

Cand. Sc. (Econ.), Associate Prof. of Information Technology and Statistics Dept.,
Ural State University of Economics
Yekaterinburg, Russia

Svetlana Ilyukhina

Cand. Sc. (Econ.), Associate Prof. of Information Technology and Statistics Dept.,
Ural State University of Economics
Yekaterinburg, Russia

Abstract. In high market volatility conditions, credit institutions determine the economic processes stability. But at the same time, economic risks increase for them, primarily related to the loss of credit resources. The study developed economic and statistical models for determining the borrower's default probability. The general economic and mathematical borrower's default model improvement was carried out on the basis of the main economic factors' detailed analysis, which was carried out on the basis of empirical data over the last 8 years, taken from 51 enterprises by using the correlation and regression analysis methods. Enterprises' statistics of a wide range of industries (production, extraction, processing of economic resources and production of consumer goods) were used, this allowed to develop representative models. The article presents models obtained from several large Russian companies' statistical data and the authors' calculations results on the influence of factors on the borrower's probability of default level for 21 large companies in the Russia. The mathematical model construction of the default probability dependence on various economic factors has not only theoretical, but practical significance. Applied research results can be used by credit organizations to optimize their activities.

Keywords: banking sector economics; borrower default (PD); economic and mathematical modeling; correlation and variance analysis; economic and statistical modeling.

JEL codes: E59; G21.

References

1. Ilyukhin, A.A.; Ilyukhina, S.V.; Novikova, N.Yu. (2023) Economics of the banking sector: modeling of credit risks // Human Progress. Vol. 9. Issue 3. P.: 4. URL: http://progress-human.com/images/2023/Tom9_3/Ilyukhin.pdf. DOI 10.34709/IM.193.4. EDN OKQAFQ.
2. Hilscher, J.; Raviv, A.; Wiener, Z. (2023) Dynamic volatility regulation of financial institutions // Finance Research Letters. P.: 104968.
3. Rylov, D.V.; Shkurkin, D.V.; Borisova, A.A. (2016) Estimation of the probability of default of corporate borrowers // International Journal of Economics and Financial Issues. Vol. 6. No. 1. P.: 63-67.
4. Westgaard, S.; Van der Wijst, N. (2001) Default probabilities in a corporate bank portfolio: A logistic model approach // European journal of operational research. Vol. 135. No. 2. P.: 338-349.

5. Carling, K.; et al. (2007) Corporate credit risk modeling and the macroeconomy // Journal of banking & finance. Vol. 31. No. 3. P.: 845-868.
6. Matenda, F.R.; et al. (2019) Corporate default risk modeling under distressed economic and financial conditions in a developing economy // Journal of Credit Risk. Vol. 17. No. 1.
7. Gusyatinikov, S.V. (2014) Mathematical modeling of the probability of default of the borrower // Ma-thematic methods in engineering and technologies - MMTT. No. 7 (66). P.: 85-88.
8. Zhevaga, A.A.; Karminsky, A.M.; Kuznetsov, I.V.; Morgunov, A.V. (2016) Modeling the probability of default of corporate borrowers // Financial risk management. No. 1. P.: 12-26.
9. Zhevaga, A.A.; Karminsky, A.M.; Kuznetsov, I.V.; Morgunov, A.V. (2016) Modeling the probability of default of corporate borrowers // Corporate finance management. No. 1. P.: 64-78.
10. Grineva, N.V.; Mikhailova, S.S. (2023) Application of machine learning for modeling borrower default // Innovations and investments. No. 4. P.: 254-262.
11. Maslenkova, M.V. (2016) The use of pit-ttc concepts in modeling the probability of default of corporate borrowers // Scientific Almanac. No. 3-1 (17). P.: 203-208.
12. Rubleva, T.A. (2012) Modeling of the borrower's default risk management system in ipo-tech lending // Economics, entrepreneurship and law. No. 4 (15). P.: 34-52.
13. Totmyanina, K.M. (2014) Modeling the probability of default of corporate borrowers taking into account the macroeconomic conjuncture // Corporate Finance. Vol. 8. No. 1 (29). P.: 18-30.
14. Ilyukhin, A.A.; Ilyukhina, S.V. (2022) Risk management in the organization and information technology / In: Project management: Career and business. Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference. Moscow. P.: 76-81.
15. Radkovskaya, E.V. (2020) Regression models in assessing the results of centralization of the bank's operational function / In: Problems of management, economics and law on a national and regional scale. Proceeding of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference. Penza. P.: 148-151.

Contact

Alexey Ilyukhin

Ural State University of Economics

62, str. 8 March, 620144, Yekaterinburg, Russia

iluhiaa@usue.ru

Elena Radkovskaya

Ural State University of Economics

62, str. 8 March, 620144, Yekaterinburg, Russia
rev_urgeu@mail.ru

Svetlana Ilyukhina
Ural State University of Economics
62, str. 8 March, 620144, Yekaterinburg, Russia
iluhiaa@usue.ru