

УПРАВЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЬЮ СВОЕВРЕМЕННОГО ВОЗВРАТА КРЕДИТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛП τ -ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

ДУБНИЦКИЙ В. Ю.

кандидат технических наук

МИРОШНИК А. Ю.

аспирант

Харьков

Одна из возможных постановок задачи управления кредитными отношениями состоит в максимизации прибыли от проведения кредитных операций при ограничениях на возможные потери, связанные с риском невозврата кредита. В рамках данной работы будем называть вероятность своевременного обслуживания и возврата кредита его надёжностью. Поэтому перед менеджментом банка появляется важное задание формирования действенной системы управления надёжностью кредитных отношений заёмщика и кредитора.

В современной практике процесс управления надёжностью кредитных отношений между банком и клиентом ограничивается оценкой кредитоспособности клиентов. При таком подходе достаточно трудно выделить непосредственно процесс управления, ведь управление – это такой вид деятельности, с помощью которой субъект управления осуществляет влияние на управляемый объект [1]. В нашем случае субъектом управления является банк, объектом – субъект предпринимательской деятельности.

В современной практике финансовое состояние предприятия-должника оценивают с помощью системы коэффициентов [2]. Для прогнозирования кредитоспособности клиента в работе [3], используя методы теории распознавания образов, было построено линейное решающее правило с релейной правой частью. В этом правиле выходная переменная принята равной единице, если предприятие оказывалось кредитоспособным, и минус единице в противоположном случае. Входные переменные были выбраны из системы коэффициентов, оценивающих кредитоспособность предприятия. Более подробно обоснование их выбора проведено в работе [4]. Недостатком данного подхода является то, что оценку кредитоспособности определяют как двоичную величину, тогда как было бы желательно знать вероятность наступления события, которое заключается в том, что предприятие будет находиться в одном из двух возможных состояний относительно своей кредитоспособности.

Для решения задачи оценки вероятности указанного выше события целесообразно использовать специальный вид регрессионного анализа – логит-регрессию. Опыт его применения для решения задачи оценивания вероятности возвращения кредита заёмщиком показана в работах [5, 6]. Использование логит-регрессии для оценки уровня кредитного риска объясняется тем, что

она позволяет рассчитать вероятность своевременного возврата долга, то есть оценить надёжность заёмщика, что позволяет адекватно отобразить связь между переменными, оценивающими финансовое состояние заёмщика и величиной кредитного риска.

Для получения модели логит-регрессии нужно, в общем случае [7], решить задачу построения нелинейной регрессионной модели вида:

$$F(Z) = P(Y_i = 1) = \frac{e^Z}{1 + e^Z}. \quad (1)$$

В этом выражении функция $F(Z)$ – функция распределения вероятности того, что предприятие окажется кредитоспособным; величина

$$Z = -1,62096 + 2,38169 * K_{пл} + 0,525766 * P_{п} + 2,7354 * K_{зв}. \quad (2)$$

Предприятие относится к группе надёжных клиентов, если $F(Z)$ стремится к единице, и ненадёжных, если приближается к нулю.

Все вычисления проведены с использованием пакета STATGRAPHICS V. 15.

Полученное уравнение логистической регрессии в соответствии с (1) примет вид:

$$F(Z) = P(Y_i = 1) = \frac{e^{-1,62096 + 2,38169 * K_{пл} + 0,525766 * P_{п} + 2,7354 * K_{зв}}}{1 + e^{-1,62096 + 2,38169 * K_{пл} + 0,525766 * P_{п} + 2,7354 * K_{зв}}}. \quad (3)$$

Величина P-Value (вероятность ошибки первого рода) для полученного уравнения равна $0,0143 < 0,05$. Это означает, что полученное уравнение не противоречит имеющимся экспериментальным данным.

График результатов вычисления вероятностей своевременного возвращения кредита для избранного эксперимента показан на рис. 1.

Приведенный на рис. 1 график построен при условии, что коэффициенты рентабельности продаж ($P_{п}$), коэффициент обеспечения собственными оборотными средствами ($K_{ос}$) приняты равными 0,09135 и 0,1684 соответственно. На этом рис. верхняя и нижняя линия соответствует верхней и нижней границе 95%-доверительного интервала.

Линии уровня, соответствующие уравнению логистической регрессии показаны на рис. 2.

Схема управления вероятностью своевременного возврата кредита с использованием логистической регрессии изображен на рис. 3. Этот процесс состоит из таких этапов.

Этап 1. На этом этапе, используя уравнения (1...3) определяют величину $R_{ф}$ -фактическую, то есть расчетную величину вероятности возврата кредита.

Этап 2. Если величина $R_{ф}$ меньше критического значения $R_{крит}$, то банк предоставляет рекомендации по возвращению кредита.

Эти рекомендации состоят из двух шагов: аналитического и административного.

Этап 3. На третьем, аналитическом, шаге, рассчитывают поправки к соответствующим переменным модели с целью повышения кредитоспособности предприятия. Если предоставленные рекомендации предприятие не в состоянии реализовать, то начинают юридические процедуры, связанные с принудительным возвращением кредитов.

Следовательно, построенная логит-регрессионная модель дает возможность определить вероятность своевременного возврата кредита. Обобщим этот подход, используя понятие теории систем автоматического управления и регулирования. [1].

Назовем объектом управления (ОУ) вероятность своевременного возврата кредита. Назовем прибором управления (ПУ) функцию логит-регрессии

Управляющими переменными назовем переменные $K_{пл}$, P_n , $K_{ос}$. В общем виде схема управления с обратной связью приведена на рис. 3.

Показанная на рис. 3. схема определяет основные этапы применения предложенной модели. В нашем случае структура процесса управления вероятностью возврата кредита показана на рис. 4. Переменными, влияющими на результат будем считать коэффициенты $K_{пл}$, P_n , $K_{ос}$, блок которых на схеме обозначен как ПУ. Этот блок вычисляет величину Z согласно уравнению (2).

Блок который на схеме обозначен как ОУ вычисляет вероятность P возврата кредита по формуле (3). Устройство сравнения (ПП) сравнивает вычисленную величину вероятности возврата кредита с желаемой (P_b). Если $P_{об} < P_b$, то последующая работа схемы переходит к устройству обратной связи (УОС), которое определяет необходимые изменения в значениях коэффициентов, а именно величины $\Delta K_{пл}$, ΔP_n , $\Delta K_{ос}$.

Проанализируем решение этой задачи подробнее. Как следует из формулы (1), величина Z зависит от трех переменных: $K_{пл}$, P_n и $K_{ос}$. Все эти коэффициенты входят в функцию Z с положительным знаком и следовательно увеличение каждого из них приводит к росту величины $P(Z)$ -вероятности своевременного возврата кредита. Для определения влияния приращения каждой из них на конечный результат определим эластичность функции $P(Z)$ по каждой из них. Для этого рассмотрим функцию трех переменных:

$$u = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i.$$

Соответствующая ей модель логит-регрессии примет вид:

$$P(u) = \frac{e^u}{1 + e^u}.$$

Тогда частную эластичность функции $P(u)$ по переменной x_i , в соответствии с [8], определим так:

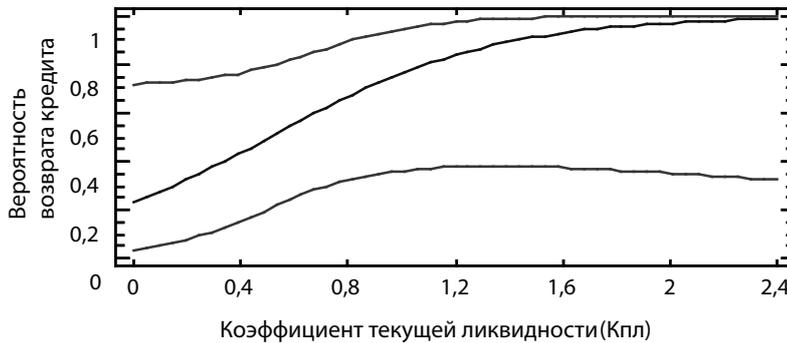


Рис. 1. График вероятности своевременного возврата кредита

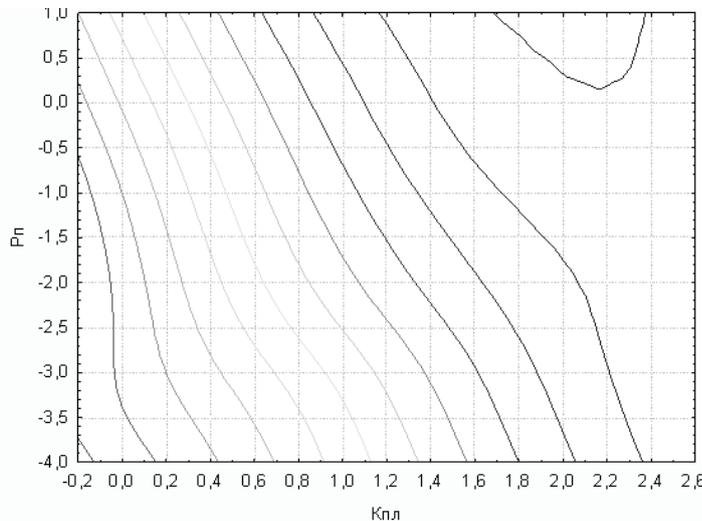


Рис. 2. График линий уровня зависимости вероятности возвращения кредита P_l , как функции переменной $K_{пл}$ при фиксированных значениях P_n и $K_{пл}$

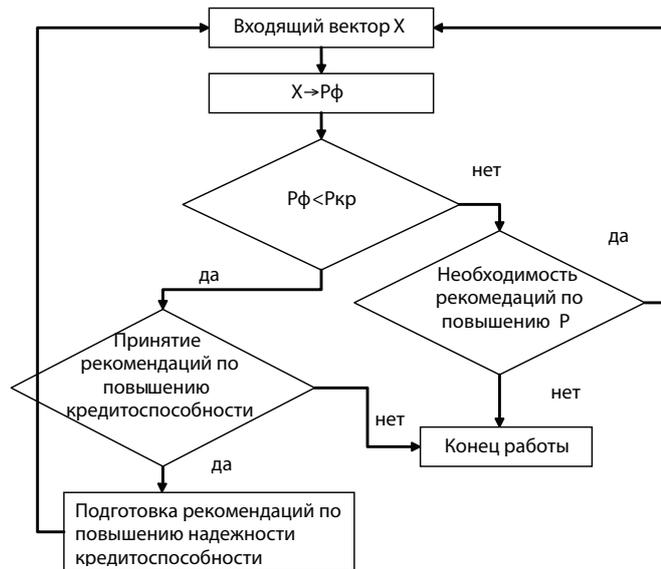


Рис. 3. Схема управления вероятностью своевременного возврата кредита с использованием логистической регрессии

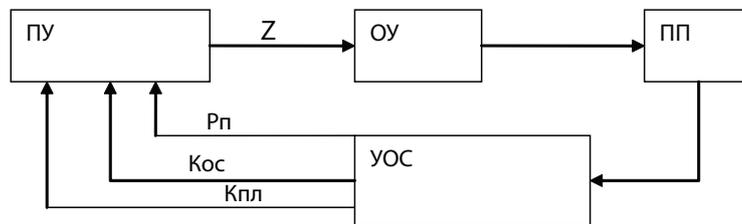


Рис. 4. Структура процесса управления надежностью кредитных отношений

$$Ex_i(P) = \frac{\partial P}{\partial x_i} * \frac{x_i}{P}$$

После выполнения необходимых преобразований получим выражение:

$$Ex_i(P) = \frac{a_i x_i}{1 + \exp(a_0 + \sum a_i x_i)}$$

Следовательно, эластичность вероятности своевременной уплаты кредита по переменным *Кпл*, *Рп* и *Кос*, будет соответственно:

$$E_{K_{пл}} = \frac{2,38169}{\exp(-1,62096 + 2,38169 \cdot K_{пл} + 0,525766 \cdot P_n + 2,77354 \cdot K_{ос}) + 1}, \quad (8)$$

$$E_{P_n} = \frac{0,525766}{\exp(-1,62096 + 2,38169 \cdot K_{пл} + 0,525766 \cdot P_n + 2,77354 \cdot K_{ос}) + 1}, \quad (9)$$

$$E_{K_{ос}} = \frac{2,77354}{\exp(-1,62096 + 2,38169 \cdot K_{пл} + 0,525766 \cdot P_n + 2,77354 \cdot K_{ос}) + 1}. \quad (10)$$

Полученные выражения частных эластичностей дают возможность оценить влияние их приращения на изменение величины вероятности возврата кредита. Упорядочив эти переменные по убыванию частных эластичностей можно отметить, что влияние приращения величин *Екпл* и *Екос* почти в пять раз больше чем влияние приращения величины *Ерп*.

Формально задача максимизации вероятности возврата кредита может быть сведена к поиску условного максимума выражения (3) при ограничениях, наложенных на управляющие переменные-коэффициенты *Кпл*, *Рп* и *Кос*. На практике последнее условие вызывает наибольшее затруднение потому, что не всегда удаётся с первого раза определить допустимую область значений для управляющих переменных такую, которая была бы реально достижимой на практике.

Поэтому для решения поставленной задачи в работе использован интерактивный метод выбора наилучшего решения, основанный на теории равномерно распределённых в *n*-мерном параллелепипеде чисел –ЛПт-последовательностей [9]. Схема применения этого метода показана на рис. 5

Границы изменения ограничений были установлены на основе анализа реальной финансовой документации обследованных предприятий и составили соответственно:

$$i = 1 = K_{пл} \in [0.4...1.6]; \quad i = 2 = P_n \in [-2.5...1.0]; \\ i = 3 = K_{ос} \in [0.4...1.0].$$

Критерием качества выбрана вероятность возврата кредита, вычисляемая по выражению (3).

Координаты пробной точки определяли по условию:

$$x_{ij} = a_i + (b_i - a_i)q_{ij}, \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, m,$$

где x_{ij} – значение *i*-го коэффициента в *j*-ой точке; a_i, b_i – соответственно левая и правая граница допустимых значений коэффициентов указанных выше;

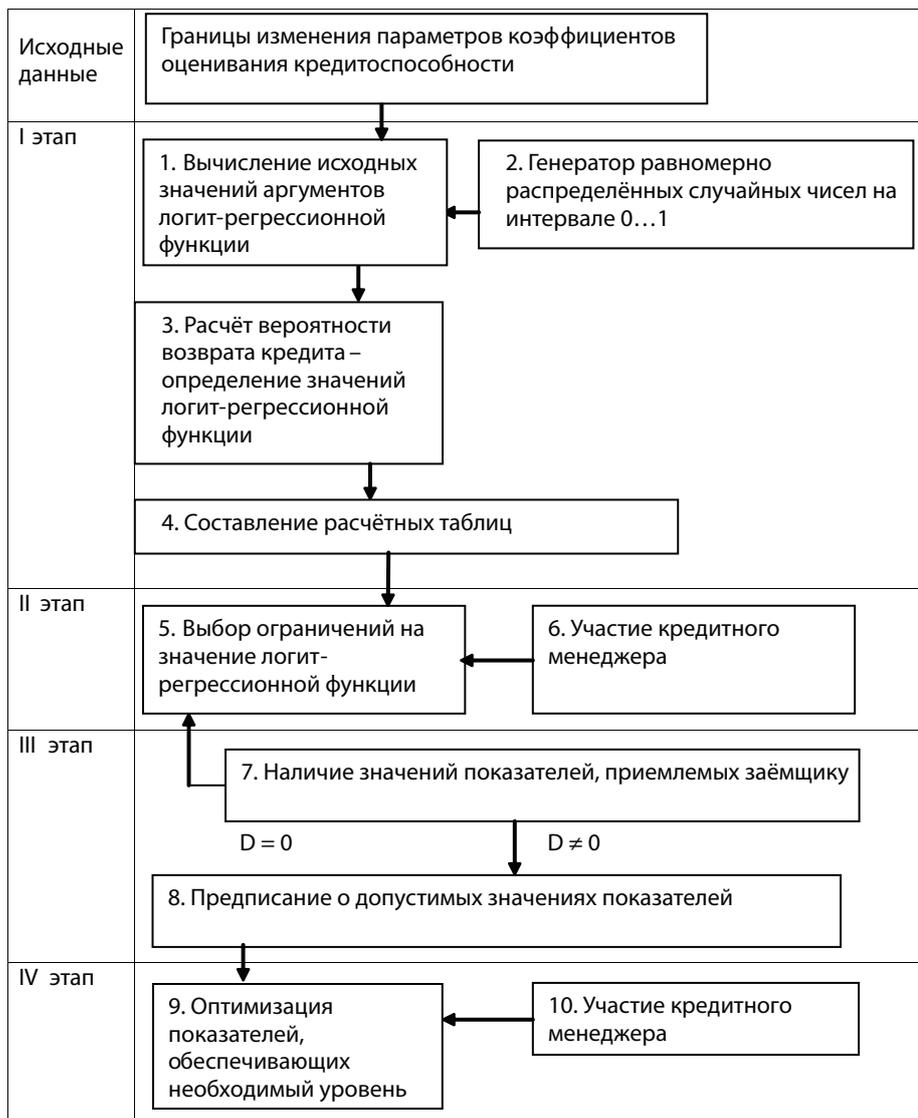


Рис. 5. Схема применения метода ЛПт-последовательностей для выбора условий своевременного возврата кредита

q_{ij} – значение j -го равномерно распределённого случайного числа на интервале $[0; 1]$ предназначенного для генерации i -го коэффициента.

Расчёт пробной точки, то есть величины $F(Z)$ при фиксированных $K_{пл}$, P_n , $K_{зв}$ значения последних выполняли по условию (3). Фрагмент расчётной таблицы приведен ниже (табл. 1).

На стадии выбора критерия ограничения лицо принимающее решение (ЛПР), в нашем случае это специалист банка, ответственный за кредитование предприятия определяет ту вероятность возврата кредита, которую банк считает для себя приемлемой. В данном примере были выбраны те значения входных переменных, которые позволяют гарантировать возврат кредита с вероятностью $0,9 \dots 0,95$. В результате выполнения всех стадий третьего этапа получена заключительная таблица (табл. 2).

Таким образом, для обеспечения своевременного возврата кредита обследованная группа предприятий должна поддерживать значения коэффициентов в указанных интервалах.

Таблица 1

Фрагмент расчетной таблицы определения вероятности своевременного возврата кредита

Таблица испытаний			
Коэффициенты			Вероятность возврата кредита
$K_{пл}$	P_n	$K_{зв}$	$F(Z)$
0,74	0,90	0,87	0,95
0,83	0,25	0,85	0,95
0,96	-0,18	0,78	0,94
1,30	-1,58	0,75	0,94
0,86	0,98	0,64	0,94
0,85	-0,83	0,97	0,93
0,76	-0,16	0,91	0,93
0,98	-0,81	0,82	0,93
1,33	-0,71	0,43	0,91
1,44	-1,37	0,46	0,91
0,96	0,04	0,59	0,91
1,12	-1,84	0,78	0,90
0,81	-0,25	0,74	0,90
0,60	0,96	0,68	0,90

Таблиця 2

Значения коэффициентов, обеспечивающих возврат кредита с вероятностью 0,9 – 0,95

Коэффициенты		
<i>K_{пл}</i>	<i>P_n</i>	<i>K_{зв}</i>
0, 6...1, 44	-1, 84...0, 98	0, 43...0, 97

ВЫВОДЫ

1. По данным реальной финансовой документации для группы предприятий построена модель логит-регрессии, оценивающая вероятность своевременного возврата кредита.

2. Для полученной модели логит-регрессии вычислены частные эластичности, позволившие проанализировать факторы, влияющие на кредитоспособность предприятия.

3. Поставлена и решена задача управления вероятностью своевременного возврата кредита с применением ЛПт-последовательностей. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зайцев Г. Ф.** Теория автоматического управления и регулирования. / Г. Ф. Зайцев. – К.: Высшая шк. Головное изд-во, 1989. – 431 с.

2. **В. Ю. Дубницкий, Р. А. Пискунов, Н. В. Тараскина.** Обработка открытой информации о финансовом состоянии юридических лиц для оценки их кредитоспособности / Дубницкий В. Ю., Р. А. Пискунов Р. А., Тараскина Н. В. // Системи обробки інформації. – 2010. – №9 (90). – С. 188–193.

3. **Мірошник О. Ю.** Система експрес-аналізу кредитоспроможності підприємств / О. Ю. Мірошник // Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики. Зб. наукових праць. Вип. 1 (10)/2011, част II, Харківський інститут банківської справи Університету банківської справи НБУ. – С. 200–206.

4. **Мирошник А. Ю.** Оценка сходства расчётных методик оценивания кредитоспособности на основе понятия расстояния между двоичными последовательностями/ А. Ю. Мирошник//Бизнес Информ – 2010. – №12. – С. 123–128.

5. **Юринець Р. В.** Економетрична модель оцінювання кредитного позичальника відповідно до експертного рейтинга /Р. В. Юринець //Зб. наукових праць Національного лісотехнічного університету. Львів-2007. – С. 255–258.

6. **Богданова Т. К., Бакланова А. В.** Инструментальные средства прогнозирования банкротства предприятий / Т. К., Богданова А. В. Бакланова // Бизнес-информатика.– 2008. – №1.– С. 45-61.

7. **Айвазян С. А.** Основы эконометрики, т. 2. / С. А. Айвазян. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 430 с.

8. **Солодовников А. С., Бабайцева В. А., Шандра А. В.** Математика в экономике В 2-х ч., ч. 2. / А. С. Солодовников, В. А. Бабайцева, А. В. Шандра. – М.: «Финансы и статистика», 2000. – 336 с.

9. **Соболь И. М., Статников Р. Б.** Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. / И. М. Соболь, Р. Б. Статников Р. Б.– М.: Наука, 1981. – 108 с.