

УДК 638.51-77

Применение вероятностно-алгебраического моделирования для оценки риска кредитной деятельности банковских систем

Ю.В. ЖЕРДЕЦКИЙ, Т.Я. КАМОРНИКОВА, Е.И. СУКАЧ

Изложен подход к оценке риска кредитной деятельности банка с использованием аппарата вероятностно-алгебраического моделирования. В качестве иллюстрации рассматривается графовая вероятностная модель, гарантирующая получение точных оценок вектора вероятностей состояний риска кредитной деятельности банка по заданным параметрам моделирования.

Ключевые слова: кредитная деятельность, риск, вероятностно-алгебраическая модель.

An approach to assessing the risk of lending activity of the bank using the apparatus of probabilistic-algebraic simulation of is presented. A probabilistic graph model that ensures accurate estimates of the vector of probabilities of states credit risk of the bank according to set parameters of the simulation is used as an illustration.

Keywords: credit activities, the risk, probabilistic-algebraic model.

Введение. Кредитная деятельность является основной формой деятельности коммерческих и государственных банков, число которых в Беларуси неуклонно растет. Все они используют различные стратегии при планировании процесса кредитования. Кредитный бизнес реализуется в условиях влияния ряда случайных факторов, в конечном итоге определяющих успех или неудачу проведения банковских операций. В целом кредитование сопряжено с риском, величина которого должна быть рассчитана с использованием научно обоснованных методов или предметно-ориентированных методик.

Как правило, банки используют скоринговую методику [1] или некоторую модель для численной оценки риска кредитов. Подобные подходы должны учитывать вероятностную природу статистических данных об успешности кредитования. Как следствие, основной их характеристикой должна быть точность. Чем больше точность исходных данных и расчетов, тем меньше издержки банка и тем более привлекателен процент за кредит для заемщика. Таким образом, от увеличения точности и понятности используемых расчетов выигрывает все, без исключения, общество.

Для статической оценки риска кредитной деятельности банковских систем используется аппарат логико-вероятностного моделирования [2]. Сущность логико-вероятностных методов состоит в представлении процесса кредитования средствами математической логики и определении количественной оценки риска кредитования с использованием теории вероятностей. В ряде случаев известные методы дают точные, приемлемые для выбора решения результаты. Однако при увеличении числа кредитов, их признаков, градаций признаков и числа состояний риска процесса кредитования их использование ограничено размером построенных моделей.

В статье предлагается подход, основанный на применении вероятностно-алгебраического моделирования (ВАЛМ) для оценки риска процесса кредитования. Аппарат вероятностно-алгебраического моделирования [3] реализует формальные алгоритмы обработки информации, включающие анализ изменений вероятностных состояний элементов системы и ее структуры, обеспечивает точность расчетов и снимает ограничение на число элементов исследуемых систем.

Идея метода вероятностно-алгебраического моделирования. Вероятностно-алгебраическое моделирование реализует процесс формирования вектора вероятностей состояний системы по векторам вероятностей состояний составляющих систему элементов с учетом установленных между ними связей.

Система представляется в виде множества элементов $K = \{K_i\}, i = \overline{1, m}$, согласованное взаимодействие которых обеспечивает ее функционирование [4]. Элементы могут находиться в одном из множества состояний $S = \{S_j\}, j = \overline{1, n}$, характеризующих свойство исследуемой системы (надежность, риск, эффективность и др.). Вероятности нахождения элементов системы в каждом из состояний задаются векторами вероятностей:

$$P^i = (p_1^i, p_2^i, \dots, p_n^i), \sum_{j=1}^n p_j^i = 1, i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Предполагается, что элементы системы независимы и между ними могут быть установлены функциональные связи с учетом целей исследования, которые описываются набором детерминированных и/или вероятностных функций $F = \{F_z\}$.

Элементы вектора вероятностей результирующего вектора P^3 , полученного в результате вероятностно-алгебраического умножения векторов P^1 и P^2 , определяются по формуле:

$$p_k^3 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}^k p_i^1 p_j^2, \text{ где } i, j, k = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Коэффициенты a_{ij}^k называются коэффициентами вероятностно-алгебраического моделирования и удовлетворяют следующим требованиям:

$$\forall i, j, k \quad a_{ijk} \geq 0 \text{ и } \sum_{k=1}^n a_{ijk} = 1. \quad (3)$$

В случае детерминированных связей между элементами исследуемой системы коэффициенты вероятностно-алгебраического моделирования определяются соотношениями:

$$\begin{cases} a_{ij}^k = 1, & \text{если } k = F(i, j) \\ a_{ij}^k = 0, & \text{если } k \neq F(i, j) \end{cases} \quad (4)$$

Основу метода ВАЛМ составляет алгебраический аппарат, который является удобным для исследования вероятностных свойств сложных систем и позволяет распространить общие свойства алгебраических структур на исследуемую предметную область.

Формализация объекта исследования. Объектом исследования является кредитная деятельность банковских систем, в качестве элементов которой $K = \{K_i\}, i = \overline{1, m}$ выступают кредиты, атрибуты кредитов и возможные значения атрибутов. С учетом установленных отношений между элементами исследуемой системы, которые описываются набором функций $F = \{F_j\}, j = \overline{1, z}$, разрабатывается графическая схема $G(F, K)$, представляющая собой иерархическую древовидную структуру (рисунок 1).

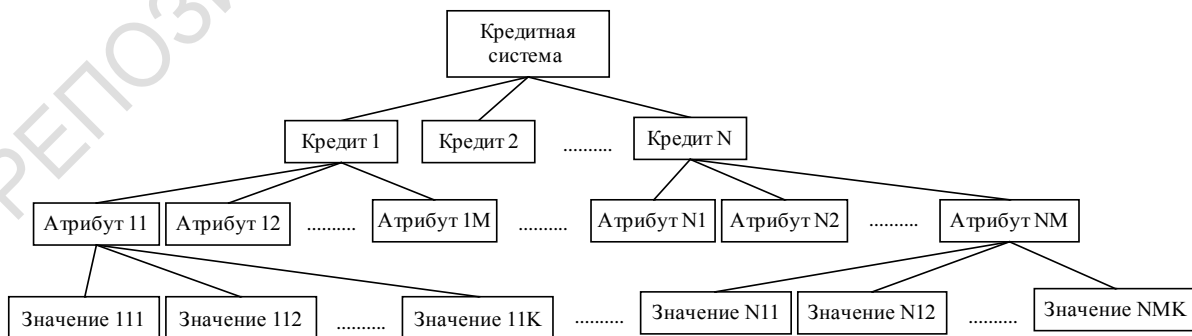


Рисунок 1 – Схема типовой вероятностно-алгебраической модели процесса кредитования

На нижнем уровне иерархии находятся элементы системы, характеризующие значения атрибутов кредитов. В таблице 1 представлены атрибуты, характеризующие кредиты физических лиц и число их возможных значений. Например, такой важный атрибут, как «срок

кредита», может иметь несколько значений, определяющих интервалы погашения: до 6 месяцев, от 6 до 1 года, от 1 до 5 лет, от 5 лет и больше. От срока кредитования зависят риски финансовых учреждений, поскольку состояние экономики динамически изменяется и влияет на платежеспособность заемщиков кредита. Таблица может быть дополнена и другими атрибутами и их значениями, повышающими уровень детализации исследуемых систем, такими, как пол (мужской / женский), наличие телефона (есть / нет), иностранный или местный житель (да / нет) и др. Следует отметить, что при рассмотрении кредитов юридических лиц число и состав атрибутов существенно изменится. Однако, этот факт не отражается на схеме формализации, обладающей универсальностью, прозрачностью и гибкостью при описании предметной области.

Следующий уровень иерархии образуют элементы, соответствующие атрибутам кредитов (уровень 2). Множество кредитов, имеющих атрибуты уровня 2, определяет элементы третьего уровня. Наконец, корень древовидной структуры (высший уровень иерархии) описывает всю систему кредитования, включающую совокупность кредитов (уровень 3). Таким образом, листьями древовидной структуры являются элементы – значения атрибутов кредитов, а корнем дерева – система кредитования в целом.

Каждый из элементов модели может находиться в одном из вероятностных состояний $S = \{s_j\}, j = \overline{1, n}$, определяющих уровень риска при погашении кредита группой физических (юридических) лиц, имеющей выделенные значения атрибутов. Перечисленные состояния элементов характеризуют уровень риска выделения кредитов обозначенным группам лиц.

Выделенные состояния описываются векторами вероятностей (1), которые формируются с использованной статистики предыдущих банковских операций и определяют вероятность риска кредитования. Ставится задача определения результирующего вектора вероятностей, характеризующего риск исследуемой системы кредитования:

$$P^{sist} = (p_1^{sist}, p_2^{sist}, \dots, p_k^{sist}), \sum_{j=1}^k p_j^{sist} = 1. \quad (5)$$

Вектор позволяет сделать выводы о возможном состоянии риска кредитной деятельности банка с выделением вероятностных состояний, определяющих уровень риска. Следует отметить, что при формализации кредитной деятельности банковских систем предполагается однотипное описание элементов (кредитов, их атрибутов и значений атрибутов) и всей системы, а именно считается, что число состояний элементов и системы совпадают.

Таблица 1 – Описание атрибутов кредита для физических лиц

Номер	Наименование атрибута	Обозначение	Число значений
1	Срок кредита	K ₄₅	4
2	Сумма кредита	K ₄₆	5
3	Цель кредита	K ₄₇	3
4	Кредитная история	K ₄₈	3
5	Владение пластиковыми картами	K ₄₉	4
6	Жилищные условия	K ₅₀	3
7	Наличие в собственности дорогостоящего имущества	K ₅₁	3
8	Возраст заемщика	K ₅₂	3
9	Должностной уровень	K ₅₃	4
10	Стабильность занятости	K ₅₄	4
11	Доход чистый по основному месту работы	K ₅₅	5
12	Количество неработающих членов семьи	K ₅₆	3

Методика оценки риска процесса кредитования. Оценка вероятностных значений риска кредитования реализуется с использованием вероятностно-алгебраического моделирования следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Формулируется постановка задачи анализа риска кредитной системы путем вербально-графического описания кредитов, атрибутов кредитов и их значений. С этой целью определяется множество элементов $\{K_i\}, i = \overline{1, m}$ исследуемой кредитной системы, задается число возможных состояний риска кредита $S = \{S_j\}, j = \overline{1, k}$, определяются связи между атрибутами и их значениями. Графическая схема кредитной системы $G(N, K)$ формируется в диалоговом режиме с использованием стандартных графических примитивов системы PALS (рисунок 3).

Шаг 2. Определяются пути получения исходных данных вероятностных параметров элементов исследуемой кредитной системы. Как правило, исходные данные формируются с использованием статистики кредитной деятельности или путем анализа экспертных оценок. В результате для каждого элемента формируются значения векторов вероятностей (1).

Шаг 3. Определяется состав выходных данных, представляющих собой вероятностные значения риска кредитной системы (5), и обосновываются способы их получения. Формулируется смысловое содержание выходных данных для системы кредитования и групп атрибутов.

Шаг 4. С использованием специализированных программных средств системы PALS осуществляется ввод подготовленных данных (структурных схем, параметров), необходимых для начала моделирования. При этом автоматизируется ввод исходных данных, контролируется корректность полученной информации, а результаты контроля выдаются пользователю для устранения ошибок в режиме «вопрос – ответ». Стандартизирована возможность получения данных из заранее подготовленных файлов с возможностью их редактирования и сохранения.

Шаг 5. Результаты моделирования графически отображаются в виде графиков, представляющих вероятностные значения показателя риска, как для всей системы, так и для ее отдельных кредитов. Одновременно данные сохраняются в файле одного из стандартных форматов для последующей статистической обработки и анализа.

Шаг 6. Определяется влияние вероятностных значений риска отдельных кредитов на значение риска всей системы при ее фиксированной структурной организации. С этой целью организуются модельные эксперименты, в которых варьируются значения векторов (1).

Шаг 7. Исследуется влияние структуры и состава кредитной системы на результирующий вектор моделирования при неизменных вероятностных значениях параметров риска кредитов, атрибутов и их значений.

Пример оценки риска процесса кредитования. Рассматривается кредитная система, включающая три кредита P_1, P_2, P_3 (рисунок 2). Кредиты описываются 12 атрибутами $K_{45}-K_{56}$ (таблица 1). Каждый из атрибутов имеет различное число значений, определяющих элементы модели нижнего уровня иерархии.

Каждый из перечисленных элементов модели имеет три состояния. Состояния интерпретируются следующим образом: S_1 – кредит не возвращен; S_2 – возврат кредита задержан; S_3 – кредит возвращен. Состояния имеют вероятностный характер и описываются векторами вида (1). При выбранной интерпретации состояний для реализации вероятностно-алгебраического умножения на всех уровнях иерархии модели используются функции $F(i, j) = \min(i, j)$.

На рисунке 3 представлена экранная форма, позволяющая сформировать модель и задать исходные данные для построенной вероятностно-алгебраической модели процесса кредитования.

С использованием предложенной методики исследовался риск процесса кредитования. В результате расчетов для тестовых исходных данных был сформирован вектор вероятностей вида (5), характеризующий состояния риска исследуемой кредитной системы. На рисунках 4 и 5 представлена графическая интерпретация полученных результатов.

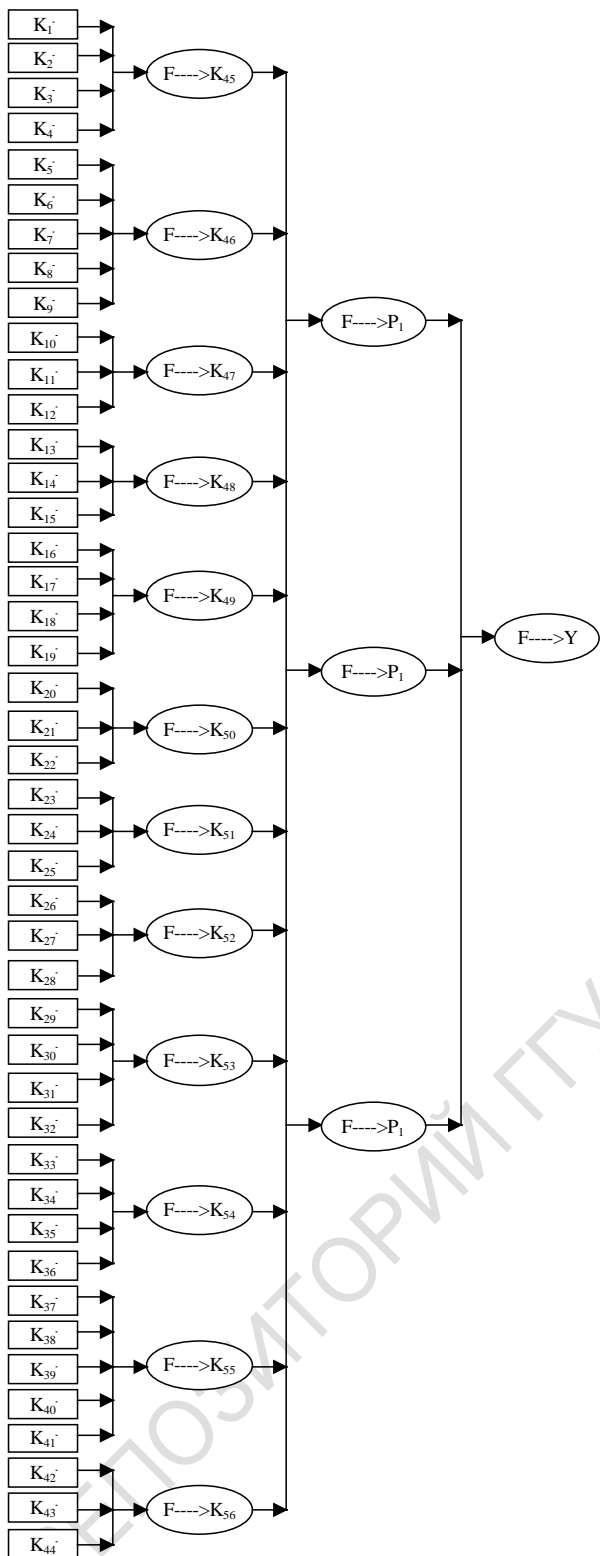


Рисунок 2 – Пример графа вероятностно-алгебраической модели процесса кредитования

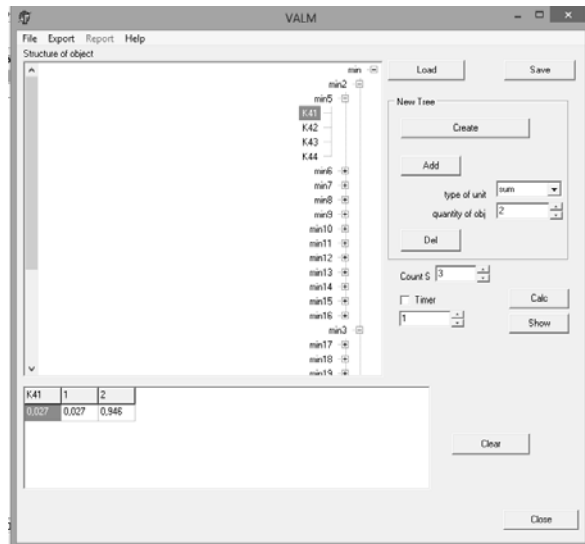


Рисунок 3 – Графический интерфейс PALS для построения вероятностно-алгебраической модели кредитной деятельности

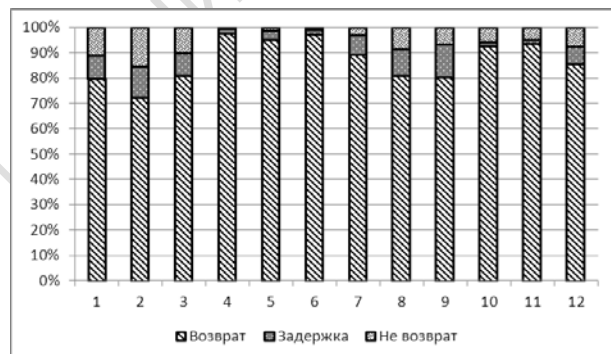


Рисунок 4 – Вероятностные значения состояний атрибутов кредита P₂

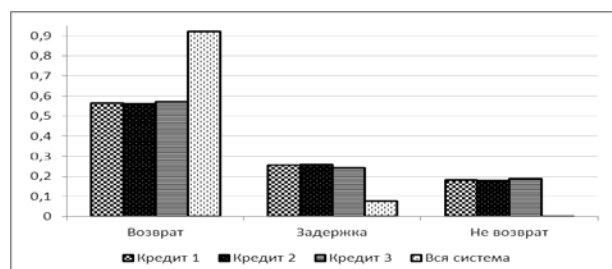


Рисунок 5 – Вероятностные значения состояний риска всей системы и отдельных кредитов P₁, P₂, P₃

На рисунке 4 сравниваются вероятностные значения состояний атрибутов кредита P₂. Из диаграммы видно, что для используемых исходных тестовых данных вероятности риска невозврата кредита сравнительно небольшие по всем представленным атрибутам. Их вероятность превышает 0,1 только для атрибутов 1, 2, 3 («срок кредита», «сумма кредита», «цель кредита»).

Вероятностные значения состояний риска всей кредитной системы показаны на рисунке 5. Анализируемая кредитная система обладает очень низким уровнем риска невозврата

кредита – 0,006 и относительно низким уровнем задержки уплаты денежных средств по кредиту – 0,0756. В целом, данную кредитную систему можно оценить как надежную, с очень низким уровнем риска не возврата или задержки кредита (0,9184).

В ходе эксплуатации предложенной модели могут быть решены типовые задачи моделирования. К первой группе задач относятся задачи оценки влияния вероятностных характеристик риска элементов кредитной деятельности на риск кредита в целом. С этой целью организуются модельные эксперименты, в которых варьируются значения векторов (1), позволяющие оценить влияние состояний элементов системы на результирующее состояние всей системы. Вторая группа задач предполагает рассмотрение различного состава атрибутов и их значений, определяющих структуру вероятностной модели, влияющей на результирующий вектор вероятностей (5). Наконец, третья группа задач предполагает выявление рационального варианта организации кредитования с учетом сложившейся структуры атрибутов кредита и их значений.

Заключение. Использование моделирования и средств его автоматизации открывает перспективу сравнения множества теоретически обоснованных вариантов реализации кредитной деятельности банка, исключая риск уже на стадии планирования. Выбор вероятностно-алгебраического подхода позволит оперативно оценить риски различных вариантов организации кредитной деятельности банков с учетом неограниченного числа их элементов, имеющих вероятностную природу, проявляющуюся в виде множества состояний риска кредитной системы.

Литература

1. Сиддики, Н. Скоринговые карты для оценки кредитных рисков. Разработка и внедрение интеллектуальных методов кредитного скоринга / Н. Сиддики. – М. : Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2013. – 288 с.
2. Рябинин, И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И.А. Рябинин. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2007. – 276 с.
3. Сукач, Е.И. Метод исследования функционально-сложных систем с использованием вероятностно-алгебраического моделирования / Е.И. Сукач // Математичні машини і системи (Mathematical Machines and Systems). – № 3. – 2010. – С. 116–123.
4. Сукач, Е.И. Способ формализации объектов графовой структуры с вероятностными параметрами функционирования / Е.И. Сукач, Д.В. Ратобильская, Ю.В. Жердецкий, Г.А. Мальцева // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2012. – № 5(74). – С. 195–202.