

# 11. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

## 11.1. МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКА ПОРТФЕЛЕЙ СРОЧНЫХ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Уразаева Т.А., к.э.н., доцент, зав. кафедрой  
«Информационные системы в экономике»

*Марийский государственный  
технический университет*

Осуществлено теоретическое обобщение концепции риска и предложена методология моделирования портфелей срочных финансовых инструментов в условиях отсутствия ограничений на распределения случайных величин.

### ВВЕДЕНИЕ

Рост международной конкуренции, глобализация и увеличение волатильности<sup>1</sup> рынков, возрастание интенсивности дефолтов<sup>2</sup> заставили в конце прошлого века заговорить о риск-менеджменте, как о вполне сложившейся индустрии. Важную роль в этом сыграли усилия регуляторов по поддержке системной безопасности. Так, в 1988 г. Базельским комитетом<sup>3</sup> было разработано первое соглашение о достаточности капитала для банков, осуществляющих международные операции. В 1996 г. появилось важное дополнение, касающееся рыночных рисков, а в 2004 г. Базельский комитет опубликовал документ, содержащий новые подходы к расчету достаточности капитала. В частности, в нем были определены особенности процедур надзора за достаточностью капитала со стороны органов банковского надзора, и требования по раскрытию банками информации о капитале и рисках в целях усиления рыночной дисциплины.

Современная экономика такова, что риск-менеджмент начинает играть важнейшую роль на всех уровнях организации бизнеса – от транснациональных корпораций до личных подсобных хозяйств. Иначе говоря, риск-менеджмент сегодня осуществляется в масштабе любой развивающейся экономики, охватывает все стороны финансовой деятельности и выступает как стратегический инструмент оптимизации использования капитала с учетом риска уже не только в финансовых институтах, но и в нефинансовых структурах самого разного масштаба. Качество риск-менеджмента считается одним из важнейших компонентов корпоративного управления и оказывает непосредственное влияние на рыночную стоимость компаний, а рейтинговые агентства, такие как Standard & Poor's<sup>4</sup> и Moody's<sup>5</sup> учитывают это при определении кредитно-

<sup>1</sup> Волатильность рынка – непостоянство, изменчивость рыночной ситуации.

<sup>2</sup> Дефолт – отказ от выполнения условий кредитного соглашения или рыночной сделки ввиду неспособности выплатить проценты, погасить кредит или поставить ценные бумаги, товары.

<sup>3</sup> Базельский комитет, объединяющий представителей центральных банков и регулирующих банковских организаций из 13 стран, работает в тесном взаимодействии со всеми основными международными финансовыми организациями. Принимаемые Комитетом постановления, являются определяющими в работе международных и национальных финансовых учреждений и направлены, в первую очередь, на укрепление стабильности и безопасности банковской системы в целом.

<sup>4</sup> Standard & Poor's является ведущим в мире независимым поставщиком кредитных рейтингов, аналитических работ, решений в области управления рисками. Компания является подразделением корпорации McGraw-Hill. Она основана в 1860 г. и с 1916 г. занимается присвоением кредитных рейтингов. Глобальная сеть Standard & Poor's включает офисы в 18 странах и у компании есть девять стратегических партнеров в самых разных странах мира. В настоящее время Standard & Poor's присваивает кредитные рей-

го рейтинга. Сложились стандарты индустрии, такие как показатели *VaR*<sup>6</sup> или *RAROC*<sup>7</sup>. Одним из убедительных свидетельств успеха индустрии риск-менеджмента стал рост рынка соответствующих программных продуктов.

В то же время, если проследить историю становления риск-менеджмента от классических работ Г. Марковица, У. Шарпа, М. Миллера и Ф. Модильяни по теории портфеля до современных моделей оценки риска, таких как Z-модель Альтмана [8], модель ожидаемой вероятности дефолта (*EDF*), модели CreditMetrics, Credit Portfolio View, Portfolio Manager и т.п. [7], то легко видеть, что все подходы в той или иной мере опираются на предположения о каноническом характере распределений исследуемых случайных величин. Во многих случаях эти предположения адекватно отражают действительность. Таковы большие портфели однородных финансовых инструментов, конкурентное поведение значительных по объему групп экономических субъектов и т.п. Однако для малых портфелей, содержащих небольшое количество инструментов, в ситуациях с существенно неоднородными портфелями, в условиях сложной организованной контрактной среды развития экономики, упомянутые модели работают плохо, так как возникающие в этих ситуациях распределения случайных величин далеки от канонических. Очевидна потребность в специальных инструментах анализа риска, не чувствительных (в смысле точности оценок) к характеру распределений случайных величин и способных учитывать произвольную институциональную структуру исследуемой экономики.

В настоящей статье предлагается новая методология анализа процессов риска в развивающихся экономиках с произвольной заданной институциональной структурой на основе математических и инструментальных методов моделирования.

Однако прежде чем рассмотреть собственно методологию моделирования и анализа процессов риска, рассмотрим концепцию риска, принятую в рамках данной статьи.

### 1. КОНЦЕПЦИЯ РИСКА

На этапе исследования генезиса риска в развивающихся экономиках удобно абстрагироваться от содержания процессов в них происходящих и сосредоточиться на роли одного или нескольких субъектов экономики, принимающих решения. Рассмотрим несколько вариантов.

1. Пусть  $\Delta$  – множество возможных действий (решений) единственного в данной экономике лица, принимающего решения (ЛПР). Пусть, далее,  $f: \Delta \rightarrow \Omega$  –

тинги обязательствам в 83 странах мира. В РФ Standard & Poor's открыла офис в Москве в 1998 г.

<sup>5</sup> Moody's Interfax Rating Agency специализируется на оценке кредитных рисков в России и странах СНГ, включая оценку кредитоспособности финансовых институтов, региональных администраций, нефинансовых предприятий, а также их отдельных долговых обязательств. Агентство, созданное в 1997 г. как «Рейтинговое Агентство «Интерфакс», в октябре 2001 г. заключило соглашение о стратегическом сотрудничестве с мировым лидером рейтингового бизнеса агентством Moody's Investors Service.

<sup>6</sup> *VaR* – общепринятое в мире сокращение от value at risk («стоимость под риском»). Неформально *VaR* – это выраженная в денежных единицах оценка величины, которую с заданной вероятностью не превысят ожидаемые в течение данного периода времени потери.

<sup>7</sup> *RAROC* – сокращение от risk adjusted return on capital («скорректированная риском доходность на капитал»). Показатель предложен в методе анализа рисков и оценки инвестиционных проектов, требующем более высоких уровней чистой доходности для более рискованных проектов. Корректировка по риску осуществляется посредством снижения подверженной риску доходности проекта или посредством снижения уровня доходности инструмента.

функция, описывающая исход развития экономики  $\omega \in \Omega$ , как результат принятия данного решения  $\delta \in \Delta$ .

Если  $|\Omega| = 1$  вне зависимости от мощности  $\Delta$ , то речь идет о строго предопределенном развитии, не зависящем от воли ЛПР, и, следовательно, в этой ситуации нельзя говорить о каком либо риске.

Если  $|\Omega| > 1$  и  $\Omega$  вместе с заданным на нем частичным порядком предпочтения образует верхнюю (дизъюнктивную) полурешетку [2], то существует оптимальное<sup>8</sup> решение  $\delta^*$ , такое, что  $f(\delta^*) = \sup \Omega$ . В этом случае уже можно говорить о риске выбора неоптимального решения. Формально этот вид риска следует отнести к риску в условиях (полной) определенности.

2. Пусть  $N$  – фиксированное сообщество действующих в рамках данной экономики лиц, принимающих решения, и имеющих противоречивые или непротиворечивые друг по отношению к другу интересы. Пусть, далее:

- $\Delta_i$  – множество возможных действий (решений)  $i$ -го ЛПР,  $i \in N$ ;
- $f: \prod_{i \in N} \Delta_i \rightarrow \Omega$  – функция, описывающая исход развития экономики  $\omega \in \Omega$ , как результат принятия каждым ЛПР своего решения  $\delta_i \in \Delta_i$ ,  $i \in N$ .

Как и в предыдущем варианте, если  $|\Omega| = 1$ , то речь идет о строго предопределенном развитии, не зависящем от воли ни одного ЛПР, и, таким образом, нельзя говорить о каком либо риске.

Пусть  $|\Omega| > 1$ . Будем рассматривать ситуацию с позиции  $i$ -го ЛПР. Если частичный порядок предпочтения, определяющий на  $\Omega$  верхнюю полурешетку, задан только для  $i$ -го ЛПР, то возникает параметрическая задача математического программирования и можно говорить о двух видах риска: риске выбора неблагоприятных решений для  $i$ -го ЛПР со стороны сообщества  $N \setminus \{i\}$  и о риске выбора неоптимального решения самим  $i$ -м ЛПР. Если некоторый частичный порядок предпочтения определен еще хотя бы для одного ЛПР кроме  $i$ -го, то возникает задача теории игр в чистых стратегиях и кроме риска выбора неоптимального (в каком либо смысле) решения можно также говорить о риске выбора неблагоприятных решений для  $i$ -го ЛПР со стороны сообщества  $N \setminus \{i\}$ . Формально эти виды риска будем также относить к рискам в условиях (полной) определенности.

3. Пусть, как в первом варианте,  $\Delta$  – множество возможных действий единственного в данной экономике ЛПР. Пусть, далее:

- $(\Omega_0, \mathcal{A}_0, P_0)$  – вероятностное пространство, описывающее неопределенность состояния среды (природы);
- $\Omega_0$  – множество состояний среды;
- $\mathcal{A}_0$  –  $\sigma$ -алгебра подмножеств множества  $\Omega_0$ ;
- $P_0$  – вероятностная мера на измеримом пространстве  $(\Omega_0, \mathcal{A}_0)$ ;

- $f: \Delta \times \Omega_0 \rightarrow \Omega$  – функция, описывающая исход  $\omega \in \Omega$ , как результат принятия данного решения  $\delta \in \Delta$  при данном состоянии среды  $\omega_0 \in \Omega_0$ .

Предположим, что на множестве исходов  $\Omega$  также задана  $\sigma$ -алгебра подмножеств  $\mathcal{A}$ . Также будем предполагать, что при каждом фиксированном  $\delta \in \Delta$  отображение  $f: \Delta \rightarrow \Omega$ , определяемое соотношением  $f_\delta(\omega_0) = f(\delta, \omega_0)$ ,  $\omega_0 \in \Omega_0$ , является измеримым относительно пары  $\sigma$ -алгебр  $\mathcal{A}_0$  и  $\mathcal{A}$ , то есть  $f_\delta^{-1}(A) \in \mathcal{A}_0$  для произвольного множества  $A \in \mathcal{A}$ . Отсюда вытекает, в частности, что каждое решение  $\delta \in \Delta$  порождает на измеримом пространстве  $(\Omega, \mathcal{A})$  вероятностную меру  $P_\delta$  по правилу:

$$P_\delta(A) = P_0(f_\delta^{-1}(A)), A \in \mathcal{A}.$$

Рассмотрим семейство мер

$$\mathcal{P} = \{P_\delta : \delta \in \Delta\}.$$

Риск здесь присутствует даже в случае  $|\mathcal{P}| = 1$  при условии наделения  $\Omega$  минимально все той же структурой предпочтения, при этом риск ассоциируется со случайностью исхода. При  $|\mathcal{P}| > 1$ , наделив уже  $\mathcal{P}$  минимально структурой верхней полурешетки, можно решать задачу теории игр с природой (в условиях вероятностной неопределенности) по поиску такого  $\delta^*$ , что  $P_{\delta^*} = \sup \mathcal{P}$ .

Таким образом, о риске развития системы можно говорить тогда, когда,

- во-первых, существует более одного исхода (варианта развития системы);
- во-вторых, на множестве исходов задан порядок предпочтения, определяющий как минимум структуру верхней полурешетки.

Для того чтобы говорить о риске в условиях вероятностной неопределенности необходимо кроме множества исходов с соответствующим порядком предпочтения определить на нем еще и вероятностную меру.

## 2. ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОСНОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ

Пусть  $T = \{t_k\}_{k=0}^{k=M}$  – конечное упорядоченное множество моментов времени:

$$t_0 < t_1 < \dots < t_M, M \in \mathbb{N},$$

где  $\mathbb{N}$  – множество натуральных чисел.

Определим на этом множестве функцию  $n$  такую, что  $n(t_{k-1}) \triangleq t_k$  для всех  $k = 1, 2, \dots, M$ .

Пусть для каждого момента времени из множества  $T$  определено множество индексов  $I_t$ . Рассмотрим конечное семейство конечных вероятностных пространств  $(\Omega_t^i, \mathcal{A}_t^i, P_t^i)$ ,  $i \in I_t$ ,  $t \in T$ , образующих вероятностное пространство  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$  по следующей схеме.

Пусть  $\mathcal{R}_t^i$  – разбиение множества  $\Omega_t^i$ , порождающее в частности булеву алгебру  $\mathcal{A}_t^i$ ,  $i \in I_t$ ,  $t \in T$ .

Пусть, далее,  $h_t: \prod_{\tau \in T, \tau \leq t} \prod_{i \in I_\tau} \mathcal{R}_\tau^i \rightarrow \mathcal{I}_{n(t)}$  – сюръек-

<sup>8</sup> Отметим, что решение такого рода оптимизационных задач – предмет дисциплины математического программирования.

тивное отображение, сопоставляющее каждой допустимой комбинации атомов конечных булевых алгебр, порождаемых разбиениями  $\mathcal{R}_\tau^i, i \in I_\tau, \tau \in T, \tau \leq t$ , множество индексов вероятностных пространств, «активных» в момент времени  $n(t), t \in T \setminus \{t_M\}$ . Здесь  $\tilde{I}_t \subset I_t$  – подмножество индексов «активных» в момент времени  $t$  вероятностных пространств,  $\tilde{I}_t \in \mathcal{I}_t, t \in T$ . Для множества элементарных событий имеем:

$$\Omega = \prod_{t \in T} \prod_{i \in I_t} \Omega_t^i.$$

Булеву алгебру  $\mathcal{A}$  порождает разбиение:

$$\mathcal{R} = \prod_{t \in T} \prod_{i \in I_t} \mathcal{R}_t^i.$$

Алгебра  $\mathcal{A}$  зависит, таким образом, от  $\tilde{I}_0$  и  $h_t, t \in T \setminus \{t_M\}$ . Соответственно вероятностную меру определяет соотношение:

$$P(\omega) = \prod_{t \in T} \prod_{i \in \tilde{I}_t} P_t^i(\omega_t^i),$$

где  $\omega = \prod_{t \in T} \prod_{i \in \tilde{I}_t} \omega_t^i$ , а  $\omega_t^i \in \mathcal{R}_t^i$  для всех  $i \in I_t, t \in T$ .

Если рассматривать  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$  как систему контрактов и определить на множестве  $\mathcal{R}$  некоторую функцию  $R$  – характеристику финансово-экономического развития, то отождествляя риск развития со случайным характером величины  $R(\omega), \omega \in \mathcal{R}$ , можно исследовать многоступенчатые дискретные риск-процессы институциональной экономики.

Описанная конструкция вероятностного пространства  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$  оказывается весьма удобной в виду того, что контрактная структура практически любой сложности может быть сведена к совокупности определенным образом связанных простых вероятностных пространств:

$$(\Omega_t^i, \mathcal{A}_t^i, P_t^i), i \in I_t, t \in T.$$

В качестве последних, например, для кредитного портфеля, достаточно использовать лишь бернуллиевские вероятностные пространства, которые описывают события в терминах исполнения или не исполнения каких-либо обязательств. Удобство здесь заключается в простоте сбора статистики для оценки вероятностей бернуллиевских событий. В то же время случайная величина доходности портфеля на момент закрытия какой либо его позиции может в общем случае иметь достаточно сложное, далеко не каноническое распределение, которое не возможно вычислить напрямую, используя только статистические данные.

В достаточно полном объеме описанная конструкция впервые в отечественной практике была реализована в рамках автоматизированного метода моделирования кредитного портфеля на основе языка ординарных маркированных стохастических сетей Петри [3]. Следует, однако, отметить, что в цитируемой монографии [3] отсутствовали попытки обобщения подхода и его теоретико-вероятностного осмысления. Кроме того, использование аппарата ординарных маркированных стохастических сетей Петри предполагало наличие заказного пакета прикладных программ, интерпретирующего поведение стохастических сетей Петри в соответствующей постановке. В настоящей работе для моделирования конечного вероятностного простран-

ства  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$  предложен подход, основанный на использовании языка логического программирования (ЯЛП) ПРОЛОГ. Соответственно, при этом подходе пространства  $(\Omega_t^i, \mathcal{A}_t^i, P_t^i), i \in I_t, t \in T$ , описываются как факты языка, а отображения  $h_t, t \in T \setminus \{t_M\}$ , и алгоритмы расчета  $P(\omega)$  и  $R(\omega)$  – как правила языка определенной структуры. При этом снимаются ограничения на вероятностные пространства  $(\Omega_t^i, \mathcal{A}_t^i, P_t^i), i \in I_t, t \in T$ , а в качестве интерпретатора удается использовать типовые решения, например, среду Visual Prolog компании Prolog Development Center A/S [1].

### 3. ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При разработке принципов представления моделей поведения портфелей срочных финансовых инструментов в виде конструкций ЯЛП ПРОЛОГ были учтены следующие требования.

1. Возможность описания денежных потоков в нескольких не связанных друг с другом балансовых плоскостях (поддержка нескольких бюджетов).
2. Потенциальная возможность описания любых вероятностных пространств  $(\Omega_t^i, \mathcal{A}_t^i, P_t^i), i \in I_t, t \in T$ , имеющих конечный носитель.
3. Возможность формирования распределения исследуемой случайной величины (характеристики финансово-экономического развития) на любой момент времени из  $T$ .
4. Наличие механизма индикаторов, позволяющего описывать более сложные причинно-следственные связи моделируемой контрактной структуры, нежели простые последовательности событий.

Последовательно рассмотрим принципы реализации перечисленных требований.

Для реализации механизмов работы с несколькими бюджетами предлагается следующая конструкция ЯЛП Visual Prolog (рис. 1).

```

===== */
* РАБОТА С БЮДЖЕТАМИ */
*----- */
* I - модифицировать строку под конкретную размерность вектора */
* бюджетов (в данном примере размерность равна двум) */
*-----+ */
domains
budget = real /* Бюджет */
budgets = v ( budget, budget) /* Вектор бюджетов */ /* ! */
predicates
is0 ( budgets) /* Обнулить вектор бюджетов */
let ( budgets, budgets) /* Инициировать вектор бюджетов */
add ( budgets, budgets) /* Сложить вектора бюджетов */
write_budgets ( budgets) /* Вывести элементы вектора б. */
clauses
is0 ( v ( A1, A2 )) :- /* ! */
A1 = 0, /* ! */
A2 = 0. /* ! */
let ( v ( A1, A2 ), v ( B1, B2 )) :- /* ! */
A1 = B1, /* ! */
A2 = B2. /* ! */
add ( v ( C1, C2 ), v ( A1, A2 ), v ( B1, B2 )) :- /* ! */
C1 = A1 + B1, /* ! */
C2 = A2 + B2. /* ! */
write_budgets ( v ( A1, A2 )) :- /* ! */
write ( A1, " ", A2). /* ! */

```

Рис. 1. Работа с бюджетами

Для представления вероятностного пространства  $(\Omega_i^t, \mathcal{A}_i^t, P_i^t)$  для конкретных  $i \in I_t$ ,  $t \in T$ , предлагается следующая конструкция ЯЛП Visual Prolog (рис. 2).

```
domains
  name      = symbol /* Идентификатор */
  date      = real /* Дата */
  variant   = integer /* Номер варианта (развития событий) */
  probability = real /* Вероятность */
predicates
  payment ( name, date, variant, probability, budgets )
clauses
  /* ----- Платежи ----- */
  payment ( <ИП>, <МВП>, 1, <В1>, <П1> ).
  payment ( <ИП>, <МВП>, 2, <В2>, <П2> ).
  ...
  payment ( <ИП>, <МВП>, K, <ВK>, <ПК> ).
```

Рис. 2. Представление вероятностного пространства

Здесь использованы следующие обозначения:

- <ИП> – идентификатор платежа;
- <МВП> – момент времени платежа;
- K – количество вариантов осуществления платежа;
- <Вi> – вероятность реализации i-го варианта платежа;
- <Пi> – описание i-го варианта платежа в терминах вектора бюджетов v (<ПiБ1>, <ПiБ2>, ..., <ПiБL>);
- <ПiБj> – платеж в рамках j-го бюджета по i-му варианту.

Для реализации сценарной модели контракта предлагается следующая конструкция ЯЛП Visual Prolog (рис. 3).

```
domains
  horizon = real /* Горизонт (анализа) */
predicates
  event ( name, horizon, probability, budgets )
clauses
  /* ----- Сценарная модель контракта ----- */
  ...
  event ( <ИПj>, H, P, B ) :-
    payment ( <ИПj>, D, _ , _ ), D > H, P = 1, is0 ( B ), !. /* 1 */
  event ( <ИПj>, H, P, B ) :-
    payment ( <ИПj>, _ , P1, B1 ), /* 2 */
    event ( <ИПj+1>, H, P2, B2 ), /* 3 */
    P = P1 * P2, /* 4 */
    add ( B, B1, B2 ). /* 5 */
  ...
  event ( <ИПе>, H, P, B ) :- /* 6 */
    payment ( <ИПе>, D, _ , _ ), D > H, P = 1, is0 ( B ), !. /* 7 */
  event ( <ИПе>, _ , P, B ) :- /* 8 */
    payment ( p05, _ , _ , B1 ), /* 9 */
    P = 1, /* 10 */
    B = B1. /* 11 */
```

Рис. 3. Сценарная модель контракта

Здесь использованы следующие обозначения:

- <ИПj> – идентификатор j-го платежа контракта;
- <ИПj+1> – идентификатор j+1-го платежа контракта;
- <ИПе> – идентификатор последнего платежа контракта.

Строки, помеченные комментариями 1 и 7, обеспечивают построение траекторий развития портфеля до даты H. Строки, помеченные комментариями 4 и 10, обеспечивают расчет вероятности реализации конкретной траектории развития портфеля, а строки, помеченные комментариями 5 и 11, реализуют расчет приведенного баланса платежей.

Для реализации механизмов работы с индикаторами, обеспечивающих описание косвенных причинно-следственных связей, предлагается следующая конструкция ЯЛП Visual Prolog (рис. 4).

```
/* ----- РАБОТА С ДЕФОЛТАМИ ----- */
/* ----- РАБОТА С ДЕФОЛТАМИ ----- */
domains
  name_default = symbol /* Идентификатор дефолта */
database
  default ( name_default )
predicates
  set_default ( name_default ) /* Установить признак дефолта */
  clear_default ( name_default ) /* Очистить признак дефолта */
clauses
  set_default ( Name ) :-
    default ( Name ), !.
  set_default ( Name ) :-
    assert ( default ( Name ) ).
  clear_default ( Name ) :-
    not ( default ( Name ) ), !.
  clear_default ( Name ) :-
    retract ( default ( Name ) ).
```

Рис. 4. Работа с дефолтами

Портфель контрактов на ЯЛП Visual Prolog предлагается описывать следующим образом (рис. 5).

```
predicates
  contracts ( horizon, probability, budgets )
clauses
  /* ----- Совместная модель L контрактов ----- */
  contracts ( H, P, B ) :-
    event ( <ИПК1>, H, P1, B1 ),
    ...
    event ( <ИПКL>, H, PL, BL ),
    P = P1 * P2 * ... * PL,
    add ( B3, B1, B2 ), ... , add ( B, B3, BL ).
```

Рис. 5. Модель портфеля контрактов

Здесь использованы следующие обозначения:

- <ИПК1> – идентификатор 1-го платежа 1-го контракта портфеля;
- <ИПКL> – идентификатор 1-го платежа контракта L портфеля,

В заключение остается определить механизм вывода результатов расчетов и окончательную цель ПРОЛОГ-программы (рис. 6).

```
/* ----- ВЫВОД ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЕКТОРИИ ----- */
/* ----- ВЫВОД ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЕКТОРИИ ----- */
predicates
  write_contracts ( probability, budgets )
clauses
  write_contracts ( P, B ) :-
    write ( P, " " ), write_budgets ( B ).
/* ----- ВЫВОД ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЕКТОРИИ ----- */
domains
  file = fo
predicates
  write_contracts_all /* Вывод информации по всем траекториям */
  write_contracts_all_1 /* ----- // ----- с успехом в конце */
clauses
  write_contracts_all :-
    contracts ( <МВЗП>, P, B ), write_contracts ( P, B ), nl, fail.
  write_contracts_all_1 :-
    write_contracts_all; !.
goal
  openwrite(fo,<ВФ>), writedevice(fo),
  write_contracts_all_1,
  closefile(fo).
```

Рис. 6. Описание цели

Здесь использованы следующие обозначения:

- <МВЗП> – момент времени закрытия позиции;
- <ВФ> – выходной файл.



В результате интерпретации кода, построенного в соответствии с описанными принципами, формируется выходной файл, содержащий распределение векторной случайной величины сумм приведенных денежных потоков (компоненты вектора соответствуют описанным в модели бюджетам).

#### 4. КАНОНИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Результатом интерпретации ПРОЛОГ-программы, построенной в соответствии с принципами, описанными в 4-ом разделе данной работы, является файл, содержащий записи, каждая из которых характеризует одну из возможных траекторий развития системы (эволюции портфеля). В частности запись содержит: вероятность реализации данной траектории и сумму дисконтированных денежных потоков по каждому из бюджетов. Порядок следования записей определяется логикой интерпретации и в общем случае не предполагает какой-либо сортировки. Кроме того, в общем случае, в разрезе каждого бюджета могут встречаться несколько траекторий, характеризующихся одной и той же величиной суммы дисконтированных денежных потоков. Очевидно, что в общем случае эти совпадения для разных бюджетов могут быть различными.

```

=====
ПРОЦЕДУРА КАНОНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
=====
Входные параметры:
n - количество траекторий системы,
p - массив вероятностей реализации каждой траектории,
s - массив сумм по каждой траектории по каждому бюдж.,
iBudget - номер канонизируемого бюджета.
Выходные параметры:
nCardinal - мощность носителя распределения,
sCanon - массив сумм в порядке возрастания (носитель),
pCanon - массив вероятностей.
=====
Sub Canonization (ByVal n As Long, ByVal p, ByVal s, _
    ByVal iBudget As Long, _
    ByVal nCardinal As Long, ByVal sCanon, ByVal pCanon)
Dim j As Long, k As Long, rd As Double
' Выделение итогов по заданному бюджету
For k = 1 To n: sCanon(k) = s(k, iBudget): pCanon(k) = p(k): Next k
' Обменная сортировка по сумме
For j = 1 To n - 1
    jmin = j
    For k = j + 1 To n
        If sCanon(k) < sCanon(jmin) Then jmin = k
    Next k
    rd = sCanon(j): sCanon(j) = sCanon(jmin): sCanon(jmin) = rd
    rd = pCanon(j): pCanon(j) = pCanon(jmin): pCanon(jmin) = rd
Next j
' Суммирование вероятностей для траекторий с повторяющимися суммами
k = 1
For j = 2 To n
    If sCanon(j) = sCanon(k) Then
        pCanon(k) = pCanon(k) + pCanon(j)
    Else
        k = k + 1: sCanon(k) = sCanon(j): pCanon(k) = pCanon(j)
    End If
Next j
nCardinal = k
End Sub
    
```

Рис. 7. Процедура канонизации распределений

Таким образом, если под каноническим представлением распределения скалярной дискретной случайной величины с конечным цепным носителем понимать семейство пар «сумма-вероятность», упорядоченных в порядке возрастания элементов носителя (сумм), то напрашивается вывод о необходимости дополнительной обработки выходного файла (канонизации). Канонизация должна выполняться в разрезе каждого бюджета. Она должна состоять из двух этапов. Первый этап – это сортировка записей по сумме дисконтированных денежных потоков в рамках данного бюджета. Второй – замена групп из двух или более последовательно идущих записей с одинаковой суммой на одну запись с этой же суммой и суммарной вероятностью по ним.

В качестве примера реализации процедуры канонизации на языке программирования Visual Basic for Applications [4] с использованием алгоритма обменной сортировки можно привести следующий код (рис. 7).

В этом примере использован (весьма широко распространенный) процедурно ориентированный язык программирования в связи с тем, что он более естественен, нежели ЯЛП, для решения данного класса задач.

В случае, когда количество возможных траекторий разности системы приближается к величине  $10^9$  или превышает ее, использование описанного подхода к формированию канонических распределений становится не эффективным из-за значительных требований к ресурсу памяти вычислительной системы. В этом случае можно пожертвовать возможностью расчета точечных вероятностей и перейти к вычислению вероятностей попадания суммы в тот или иной интервал в рамках разбиения шкалы финансовых результатов (шкалы сумм дисконтированных денежных потоков).

Рассмотрим этот вариант более подробно. Пусть  $R: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  – действительная случайная величина капитализации на момент закрытия позиции в рамках некоторого бюджета;  $P_R S = P\{\omega: R(\omega) \in B\}$  – распределение вероятностей  $R, S \in B; B$  – борелевское поле на  $\mathbb{R}$ . Пусть упорядоченное множество  $\{r_i\}_{i=0}^n$  задает разбиение шкалы величин капитализации в рамках рассматриваемого бюджета. Необходим механизм вычисления  $n$  значений  $p_i = P_R[r_{i-1}, r_i] \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$ , таких, что  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ .

Для реализации этого механизма по всем бюджетам достаточно заменить ранее определенный предикат write\_contracts на следующую конструкцию (рис. 8).

```

write_contracts (P, v (A1, A2)) :-
    write_budgets_1 (1, A1, P),
    write_budgets_1 (2, A2, P).
    
```

Рис. 8. Код сохранения характеристик траекторий

```

domains
no_budget = integer /* Номер бюджета */
database
interval ( no_budget, budget, budget, probability )
predicates
init_intervals
write_budgets_1 ( no_budget, budget, probability )
write_interval ( no_budget, budget )
clauses
init_intervals :-
    assert ( interval ( 1, < r0^1 >, < r1^1 >, 0 ) ),
    assert ( interval ( 1, < r1^1 >, < r2^1 >, 0 ) ),
    ...
    assert ( interval ( 1, < r_{n-1}^1 >, < r_n^1 >, 0 ) ),
    assert ( interval ( 2, < r0^2 >, < r1^2 >, 0 ) ),
    ...
write_budgets_1 ( N, A, P ) :-
    interval ( N, R1, R2, P1 ), R1 <= A, A < R2,
    P2 = P1 + P,
    retract ( interval ( N, R1, R2, P1 ) ),
    assert ( interval ( N, R1, R2, P2 ) ),
    write_interval ( N, A ) :-
        not ( interval ( N, A, _ ) ), !,
    write_interval ( N, A ) :-
        interval ( N, A, A1, P ),
        write ( N, " ", A, " ", A1, " ", P ),
        write_interval ( N, A1 ).
goal
init_intervals, write_contracts_all_1,
openwrite(fo,<BФ>), writedevice(fo),
write_interval ( 1, < r0^1 > ),
write_interval ( 2, < r0^2 > ),
closefile(fo).
    
```

Рис. 9. Описание новой цели

Также необходимо добавить ряд определений и переформулировать окончательную цель ПРОЛОГ-программы (рис. 9).

В этом фрагменте использованы следующие обозначения:  $\langle r_i^j \rangle$  –  $i$ -я граница интервала для  $j$ -го бюджета.

### 5. ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Использование ЯЛП ПРОЛОГ для представления вероятностных пространств, моделирующих портфели срочных финансовых инструментов, перспективно по целому ряду причин:

- во-первых, контрактная структура портфеля может быть описана без каких-либо упрощений,
- во-вторых, транзакционные издержки и контрактные события описываются в рамках одних и тех же языковых конструкций,
- в-третьих, в рамках данного подхода может быть рассмотрено произвольное количество как зависимых, так и не зависимых бюджетов.

В то же время подход не лишен и некоторых недостатков. С одной стороны, специалист, использующий предложенную методику, должен в определенной степени владеть ЯЛП ПРОЛОГ, а с другой, описание портфеля, содержащего свыше трех инструментов, становится трудно читаемым для сторонних специалистов, не участвовавших в разработке модели.

В связи с этим в рамках данной работы предлагается еще один подход, позволяющий визуально описать портфель с использованием подмножества диаграмм деятельности UML [6] и получить ПРОЛОГ -модель в автоматическом режиме как результат трансляции конструкций UML в конструкции языка ПРОЛОГ. Поскольку диаграммы деятельности UML являются интуитивно понятными, то данный подход способен существенно снизить требования к пользователям сис-

темы в части специальных знаний, не свойственных их предметной области.

Основной набор правил грамматики языка визуального представления развивающихся экономик в нотации Бэкуса-Наура [10] может быть представлен следующим образом (рис. 10).

```

<Модель> ::= <Начало> <Последовательность событий > <Окончание>
<Последовательность событий> ::= <Событие> |
    <Последовательность событий> <Событие>
<Событие> ::= <Установка семафора> | <Платеж> |
    <Событие в условиях вероятностной неопределенности > |
    <Система контрактов>
<Событие в условиях вероятностной неопределенности > ::= <Ветвление>
    <Набор альтернатив> <Соединение>
<Набор альтернатив> ::= <Альтернатива> <Альтернатива> |
    <Набор альтернатив> <Альтернатива>
<Альтернатива> ::= <Платеж> | <Платеж> <Последовательность событий>
<Система контрактов> ::= <Разделение> <Набор контрактов> <Слияние>
<Набор контрактов> ::= <Контракт> <Контракт> |
    <Набор контрактов> <Контракт>
<Контракт> ::= <Последовательность событий>
<Условие> ::= <Вероятность> | <Семафор> | not <Семафор>
<Описание действия> ::= clear_ <Семафор> | set_ <Семафор>
<Описание платежа> ::= <Идентификатор> , <Дата> ,
    <Номер варианта> , <Вектор платежей>
<Вероятность> ::= <Число>
<Семафор> ::= <Идентификатор> ( <Идентификатор> )
<Номер варианта> ::= <Целое число>
<Вектор платежей> ::= v ( <Компоненты> )
<Компоненты> ::= <Число> | <Компоненты> , <Число>
    
```

Рис. 10. Основа формальной грамматики

Графическое расширение данной формальной грамматики приведено в табл. 1.

Таблица 1

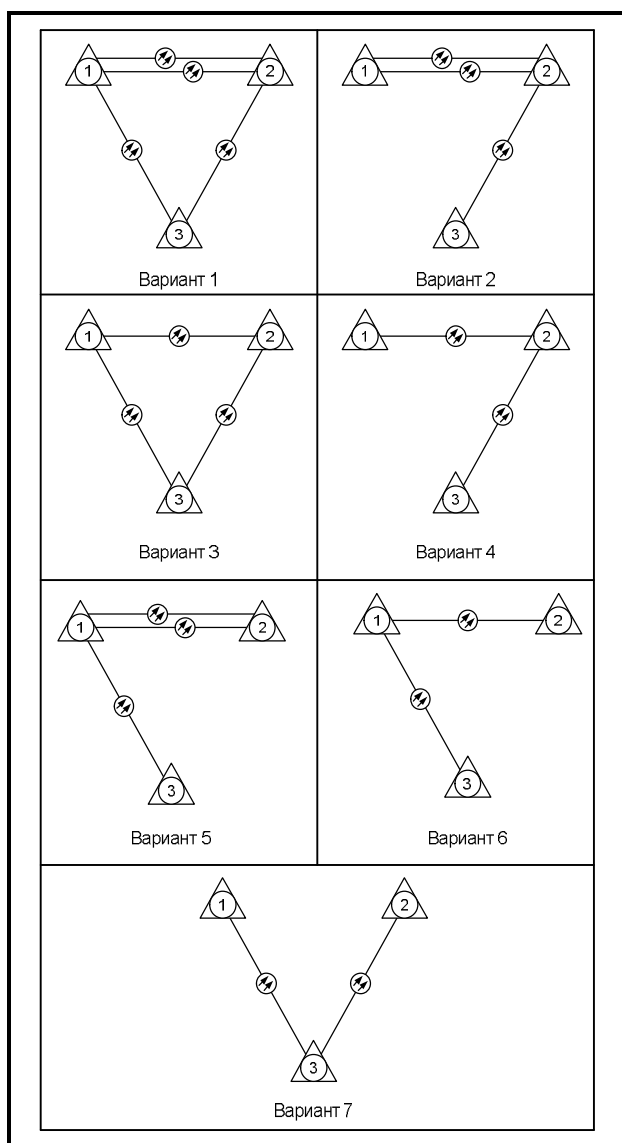
#### ГРАФИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ФОРМАЛЬНОЙ ГРАММАТИКИ ЯЗЫКА ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Нетерминальный символ	Графическое расширение правой части формул Бэкуса-Наура	Нетерминальный символ	Графическое расширение правой части формул Бэкуса-Наура
<Начало>		<Разделение>	
<Окончание>		<Слияние>	
<Ветвление>		<Установка семафора>	
<Соединение>		<Платеж>	

Подсистемы визуального ввода моделей и трансляции реализованы на базе пакета Microsoft Office Visio 2003 и встроенного языка программирования Visual Basic for Applications. Процесс трансляции двухфазный. В первой фазе совмещены лексический разбор и синтаксический анализ. Совмещение возможно в связи с однозначным отделением лексем друг от друга графическими элементами обсуждаемого проблемно-ориентированного языка. На второй фазе осуществляется синтез конструкций языка ПРОЛОГ при обходе сверху вниз и слева на право дерева синтаксического разбора, полученного на первой фазе. В результате формируется готовая к выполнению программа.

**Пример**

Применение предложенной методологии для моделирования портфелей классических срочных финансовых инструментов очевидно [5]. Поэтому с целью иллюстрации универсальности подхода рассмотрим практическую задачу оптимизации инвестиций в IT-инфраструктуру некоторого кредитного учреждения.



**Рис. 11. Варианты топологий сети, формирующих IT-инфраструктуру**

Необходимо осуществить выбор топологии городской вычислительной сети банка. Банк предполагает запуск трех крупных офисов, функционирующих в режиме 24x7, в двух из которых будет размещено серверное оборудование (основной и резервный вычислительные центры). Варианты топологии приведены на рис. 11. Все варианты получены как сценарии частичной реализации спроектированной системы волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) учреждения по варианту 1.

Стоимостные и надежностные характеристики элементов сетевой инфраструктуры приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

**СТОИМОСТНЫЕ И НАДЕЖНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Наименование элемента сетевой инфраструктуры	Идентификатор	Сумма дисконтированных затрат на материалы, оборудование, пусконаладку, руб.	Вероятность отказа	Норма затрат на восстановление, % от стоимости
Трасса ВОЛС 1 «Офис 1-Офис 2»	T12	209 778	0.2134	10
Трасса ВОЛС 2 «Офис 1-Офис 2»	T21	247 786	0.2141	10
Трасса ВОЛС «Офис 1-Офис 3»	T13	577 343	0.2803	10
Трасса ВОЛС «Офис 2-Офис 3»	T23	421 084	0.2575	10
Коммутатор 1 коммутационного ядра Офиса 1	Sw11	1 512 779	0.1368	10
Коммутатор 2 коммутационного ядра Офиса 1	Sw12	1 512 779	0.1368	10
Коммутационная подсистема серверной фермы Офиса 1	Srv1	249 520	0.1314	10
Коммутатор 1 коммутационного ядра Офиса 2	Sw21	1 512 779	0.1368	10
Коммутатор 1 коммутационного ядра Офиса 2	Sw22	1 512 779	0.1368	10
Коммутационная подсистема серверной фермы Офиса 2	Srv2	249 520	0.1314	10
Коммутационное ядро Офиса 3	Sw3	58 210	0.1322	10

В качестве источников информации по вероятностям отказов оборудования использованы публикации на сайтах производителей. Крупнейшие производители сетевого оборудования, такие как Cisco System Inc., публикуют данные о наработке на отказ для всех линеек своего оборудования. Данные о вероятностях обрыва ВОЛС имеют географические особенности и являются предметом статистики региона или муниципального образования.

Офис сохраняет свою работоспособность до тех пор, пока клиенты офиса сохраняют связь хотя бы с одной из серверных ферм кредитного учреждения. Экспертные оценки потерь от простоя офиса составляют:

- для первого офиса – 2.4 млн. руб.;
- для второго – 2.2 млн. руб.;
- для третьего – 2 млн. руб.

Простой одновременно двух офисов из трех увеличивает потери на 4 млн. руб., простой сразу трех – на 6 млн. руб.

В качестве основы при формировании критерия оптимальности инвестиций в рассматриваемой задаче естественно выбрать концепцию совокупной стоимости владения [9]. Соответственно, под совокупной стоимостью владения ИТ-инфраструктурой в течение периода планирования будем понимать сумму дисконтированных денежных потоков, возникающих в течение указанного периода и связанных с проектированием, оплатой строительно-монтажных работ, приобретением аппаратных и программных средств, затратами на пуско-наладку и эксплуатацию сетей передачи данных (СПД). При этом затраты на эксплуатацию СПД включают затраты на восстановление инфраструктуры в случае выхода ее элементов из строя и убытки, связанные с нарушением выполнения бизнес-функций вследствие снижения функциональности ИТ-инфраструктуры. Поскольку выходы из строя элементов СПД являются случайными событиями, то совокупную стоимость владения ИТ-инфраструктурой естественно рассматривать как случайную величину, а ее случайность, соответственно, как риск, присутствующий в системе.

Поскольку жизненный цикл СПД включает исполнение договоров подряда на строительно-монтажные работы, договоров на поставку оборудования, гарантийное и послегарантийное обслуживание, оказание услуг и т. д. и т. п., которые порой достаточно сложным образом связаны между собой, то можно утверждать о наличии развитой контрактной (институциональной) структуры системы. Сложная контрактная структура системы значительно усложняет задачу вычисления характеристик случайной величины совокупной стоимости владения ИТ-инфраструктурой в течение периода планирования.

В то же время, если имеется возможность вычислить распределения случайной величины совокупной стоимости владения для каждого варианта сетевой инфраструктуры, то, используя ту или иную меру риска, можно выбрать оптимальное решение и оценить потенциальный экономический эффект от его внедрения. Под мерой риска здесь понимается функция-индикатор отношения предпочтения на множестве вероятностных мер [5].

Последовательно рассмотрим основные этапы решения поставленной задачи.

Контрактную структуру процесса эволюции ИТ-инфраструктуры следует разбить на две части.

В первой части будут сосредоточены описания каждого элемента инфраструктуры в типовом формате, представленном на рис. 12.

На рисунке введены следующие обозначения:

- Element – идентификатор описываемого элемента сетевой инфраструктуры;
- <Первоначальные затраты на Element> – описание совокупности дисконтированных денежных потоков, связанных с приобретением оборудования, комплектующих, необходимых для запуска этого элемента в строй, и с затратами на его пуско-наладку;
- <Затраты на восстановление Element> – описание совокупности дисконтированных денежных потоков, связанных с восстановлением работоспособности элемента Element в случае выхода его из строя.

Описания денежных потоков осуществляются в соответствии с синтаксисом, приведенным в разделе 5 настоящей статьи.

Во второй части описывается логика возникновения убытков, связанных с нарушением выполнения бизнес-функций вследствие снижения функциональности ИТ-инфраструктуры. Формат этого описания типовым не

является и зависит от конкретного случая. Например, для второго варианта топологии, представленного на рис. 13, описание логики возникновения убытков приведено на рис. 14.

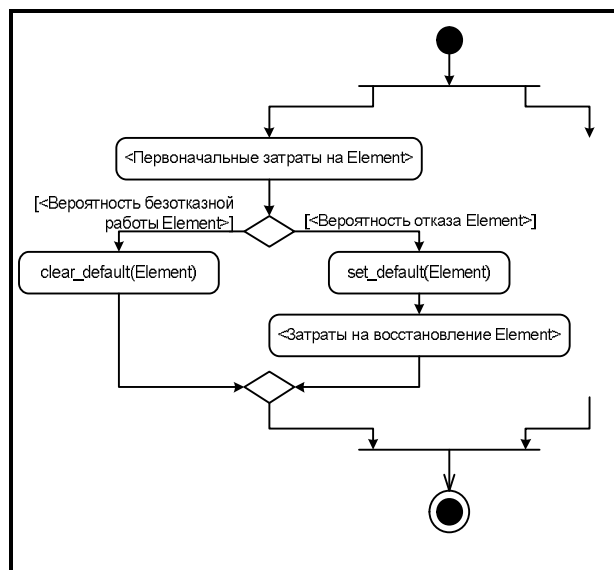


Рис. 12. Пример описания элемента ИТ-инфраструктуры

Для каждой топологии были вычислены распределения случайной величины совокупной стоимости владения, а по ним рассчитаны значения четырех мер риска: математическое ожидание, ожидаемая полезность и Value-at-Risk на уровне 1% и 2%. На рис. 15 для примера приведено графическое представление распределения, вычисленного для второго варианта топологии. Результаты расчетов мер риска для всех вариантов приведены в табл. 3. При вычислении ожидаемой полезности использовалась функция, восстановленная по результатам опроса реального субъекта принятия решения для сумм из диапазона от -50 млн. руб. до 0 руб. Вид этой функции:

$$u(x) = -1.997 * 10^{-12} x^2 + 1.012 * 10^{-5} x, \quad x \leq 0.$$

Таблица 3

### РАССЧИТАННЫЕ МЕРЫ РИСКА ДЛЯ ВСЕХ ВАРИАНТОВ ТОПОЛОГИЙ

Вариант топологии	Средняя стоимость владения, руб.	Ожидаемая полезность	VaR <sub>0,01</sub> , руб.	VaR <sub>0,02</sub> , руб.
1	-9 018 323	-262.505	-20 890 315	-20 714 260
2	-8 796 946	-253.468	-20 288 194	-20 136 917
3	-8 996 644	-262.657	-20 444 453	-20 293 176
4	-8 854 593	-256.126	-20 638 728	-20 466 474
5	-8 775 024	-255.224	-20 040 408	-19 889 131
6	-8 976 678	-264.553	-20 196 667	-20 045 390
7	-9 197 993	-278.821	-20 407 974	-20 256 697

Анализ результатов, приведенных в табл. 3, показывает, что по трем из четырех критериев лучшим является вариант 5, однако, с точки зрения субъекта принятия решения, избегающего риск и представленного функцией  $u(x)$ , лучшим решением оказывается вариант 2. Интересно, что вариант 2 оказывается развитием варианта 5 в смысле построения всего одной дополнительной ВОЛС, не меняющей, кроме всего прочего, графа связности СПД.



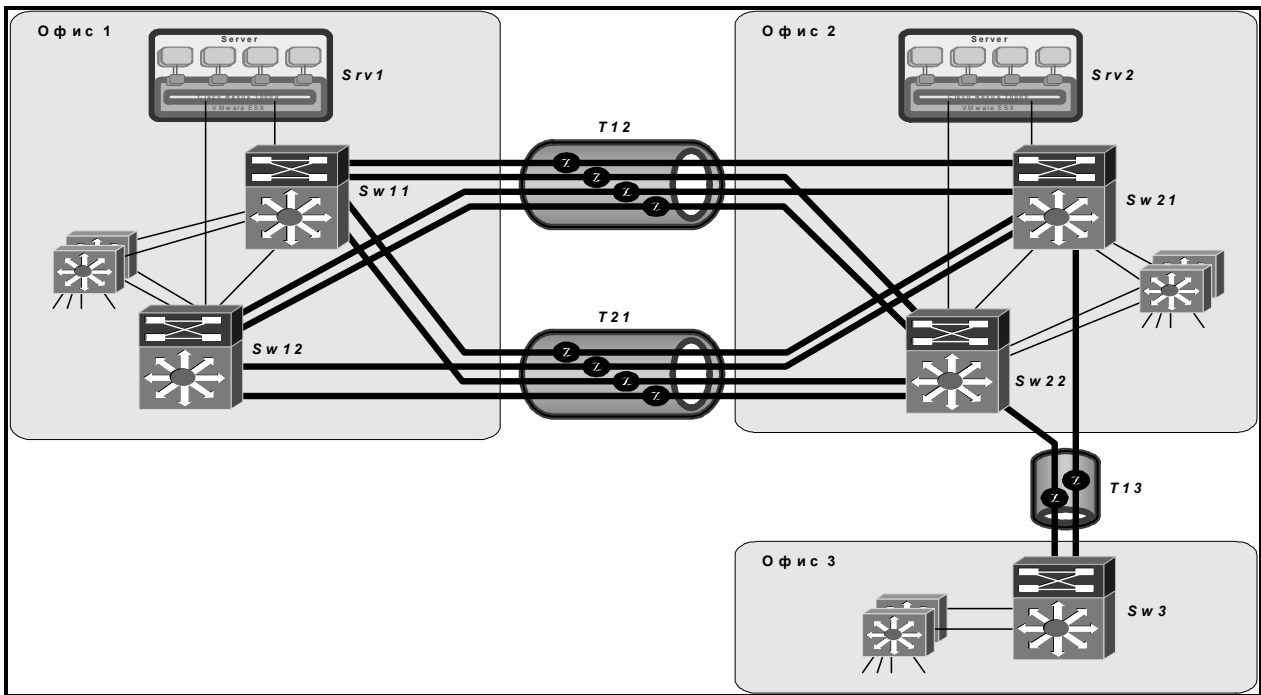


Рис. 13. Топология второго варианта IT-инфраструктуры

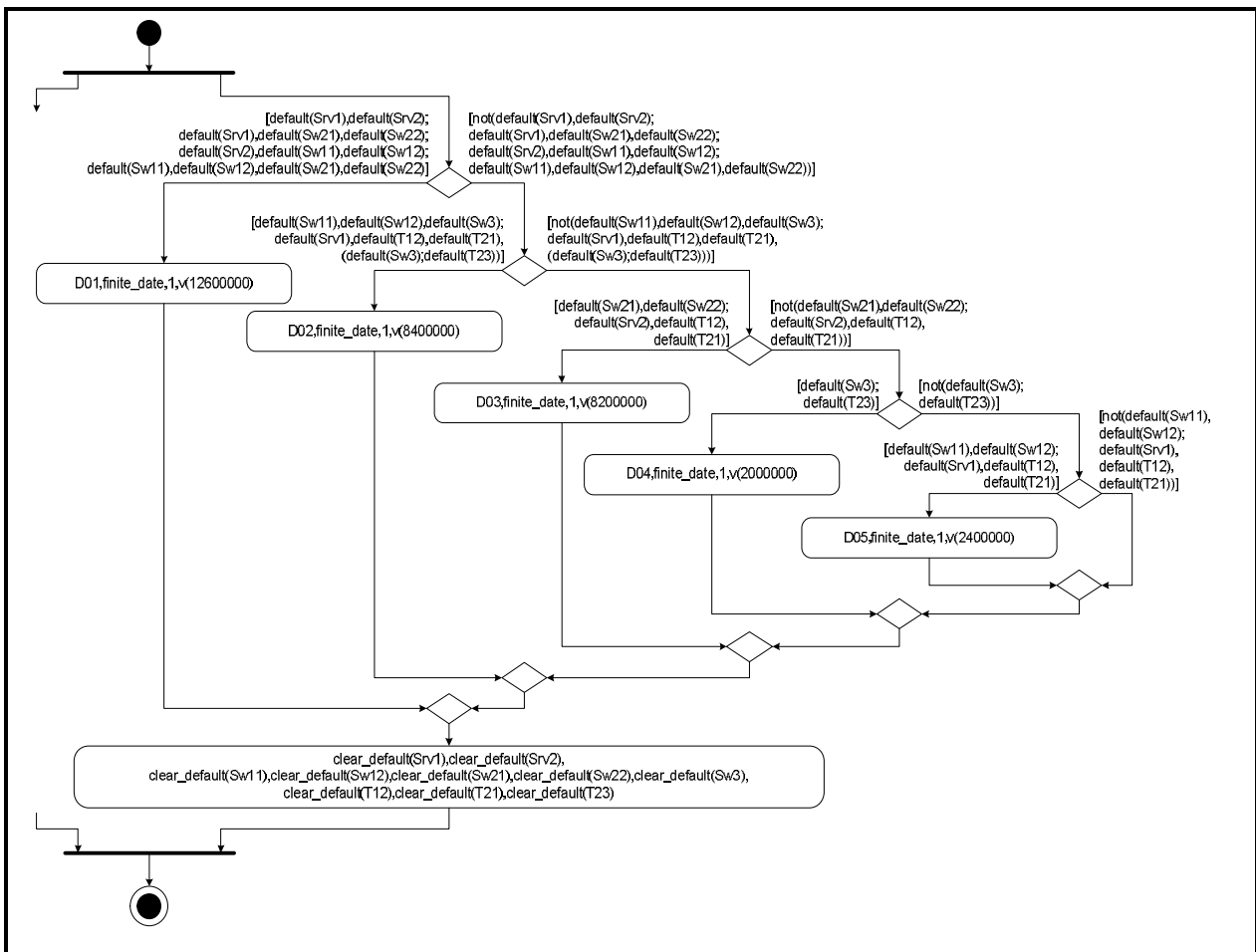
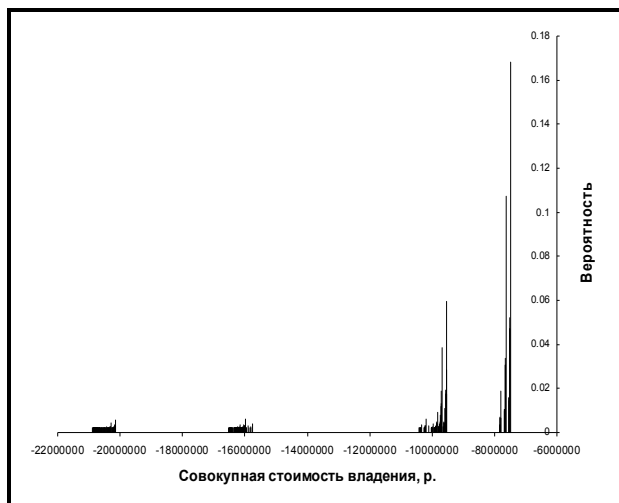


Рис. 14. Графическое представление логики возникновения убытков для второго варианта IT-инфраструктуры



**Рис. 15. Распределение совокупной стоимости владения для второго варианта топологии IT-инфраструктуры**

## ВЫВОДЫ

Предложенная методология моделирования может с успехом использоваться для анализа процессов риска не только в портфельном анализе, но и гораздо шире – при исследовании развивающихся экономик с произвольной институциональной структурой. Необходимым условием применимости описанной методологии является лишь требование аддитивности показателя экономического развития системы, случайный характер которого интерпретируется исследователем как риск.

## Литература

1. Адаменко А.Н. Логическое программирование и Visual Prolog [Текст] / А.Н. Адаменко, А.М. Кучков. – СПб. : BHV-Петербург, 2003. – 992 с.
2. Биркгоф Г. Теория решеток [Текст] / Г. Биркгоф. – М. : Наука, 1984. – 568 с.
3. Бородин А.В. Математические модели управления кредитным портфелем коммерческого банка [Текст] / А.В. Бородин. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 1998. – 168 с.
4. Демидова Л.А. Программирование в среде Visual Basic for Applications [Текст] / Л.А. Демидова, А.Н. Пылькин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2004. – 175 с.
5. Уразаева Т.А. Автоматизированная система визуального моделирования риск-процессов институциональной экономики [Текст] / Т.А. Уразаева // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах : труды международной научной школы МА БР-2006. – СПб. : ГОУ ВПО «СПбГУАП», 2006. – С. 284-291.
6. Фаулер М. UML. Основы [Текст] / М. Фаулер, К. Скотт. – СПб. : Символ-Плюс, 2002. – 192 с.
7. Энциклопедия финансового риск-менеджмента [Текст] / под ред. А.А. Лобанова и А.В. Чугунова. – М. : Альпина Паблишер, 2003. – 786 с.
8. Altman E. I., Haldeman G. G., Narayanan P. Zeta Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporation. – Journal of Banking and Finance, 1977 (June). – P. 29-54.
9. Hornby D., Pepple K. Consolidation in the data center : simplifying IT environments to reduce total cost of ownership. – Santa Clara, CA : Sun Microsystems, 2003. 205 p.
10. Naur P. Revised Report on the Algorithmic Language ALGOL 60 // Computer Journal. 1963. V. 5. №4. Pp. 349-367.

Уразаева Татьяна Альфредовна

## Ключевые слова

Риск; вероятностная неопределенность; логическое программирование; визуальное моделирование; срочные финансовые инструменты; портфельный анализ; совокупная стоимость владения.

## РЕЦЕНЗИЯ

Для современной постиндустриальной экономики характерны инвестиционные процессы, характеризующиеся разнообразием форм капиталовложений (прямые вложения, венчурные фонды, пограничные инвестиции крупнейших компаний, создание дочерних венчурных компаний и т.п.). В этих условиях задачи анализа риска становятся системообразующими для постановки эффективного управленческого учета для всех субъектов инвестиционных процессов. Действительно, с одной стороны, недооценка риска способна спровоцировать крах даже эффективного на момент принятия решения бизнеса, а с другой, переоценка риска – причина не эффективного использования капитала. Таким образом, методологические разработки, способные повысить точность управленческого учета в условиях риска, являются весьма актуальными:

- во-первых, предложена методология анализа риска срочных финансовых инструментов с произвольной институциональной структурой;
- во-вторых, разработаны подходы к организации соответствующих ресурсоемких компьютерных вычислений;
- в-третьих, разработан интуитивно понятный графический язык финансового инжиниринга.

Универсальность предложенного подхода проиллюстрирована в частности в рассмотренном в статье примере, в котором приведен весьма не стандартный пример формирования управленческого решения в сфере инвестиций в IT-инфраструктуру коммерческого банка с фиксированным горизонтом планирования. Анализируемую институциональную среду в примере отличает наличие многочисленных причинно-следственных связей, как внешних, так и внутренних, а также сложной логики влияния на возникающие в период планирования денежные потоки.

Структура работы выстроена методически правильно и отражает полученные новые результаты.

В первой части статьи обоснована актуальность разработки, приведен краткий обзор состояния современных методик, оценки риска финансовых инструментов, выявлены сильные и слабые стороны этих методик, обоснована необходимость поиска новых подходов.

Во второй части математически строго описана концепция риска, использованная автором при разработке предлагаемой методологии.

Третья часть статьи посвящена рассмотрению теоретико-вероятностных основ предлагаемой методологии. Следует отметить, что описанная здесь конструкция гораздо шире предложенной методологии и может в перспективе лечь в основу развития альтернативных подходов.

Четвертая часть посвящена разработке конкретных инструментальных подходов к моделированию институциональной среды, в рамках которой существуют отдельные финансовые инструменты и их совокупности. В частности впервые, по крайней мере в отечественной литературе, предлагается использовать для этого непроцедурный язык программирования ПРОЛОГ. В четвертой части статьи разработаны все необходимые для практического применения конструкции.

В пятой части статьи описаны подходы к решению вспомогательных задач, свойственных предложенной методологии.

Шестая часть статьи призвана преодолеть дистанцию между классическим финансистом и специалистом по непроцедурному программированию. Здесь предложен интуитивно понятный визуальный инструмент представления институциональной среды. Разработана формальная грамматика языка. Обоснована возможность автоматизированной трансляции визуальных моделей в ПРОЛОГ-модели.

В седьмой части статьи приведен пример выработки управленческого решения в рамках предложенной методологии. В заключении подведены итоги разработки, отмечены перспективы ее использования.

В порядке рекомендации, следует обратить внимание автора на необходимость более четкого описания того, каким образом те или иные классические понятия институциональной экономики моделируются в рамках методологии. Соответствующая методическая доработка статьи сделает ее доступной гораздо более широкому кругу специалистов и может позитивно сказаться на индексе цитирования.

Рецензируемая статья фактически является концептивным изложением значительного по объему научного исследования, достигшего состояния возможности практического использования. Таким образом, статья Уразаевой Т.А. «Методология моделирования риска портфелей срочных финансовых инструментов» может быть опубликована в журнале, рекомендованного ВАК «Аудит и финансовый анализ».

Миронова О.А., д.э.н., зав. кафедрой «Бухгалтерский учет и аудит» ГОУ ВПО «Марийский Государственный технический университет»

## 11.1. METHODOLOGY OF MODELING OF RISK OF PORTFOLIOS OF URGENT FINANCIAL TOOLS

T.A. Urazaeva, Candidate of Science (Economic), Head  
of the Faculty of Information systems in economy

*Yoshkar-Ola, Mari State Technical University*

Theoretical generalization of the concept of risk is carried out. The methodology of modeling of portfolios of urgent financial tools in the conditions of absence of restrictions on distributions of random variables is offered.

### Literature

1. A.N. Adamenko, A.M. Kuchkov. Logical programming and Visual Prolog. – SPb: BHV-Petersburg, 2003. – 992 p.
2. G. Birkhof. The theory of lattices. – M.: The science, 1984. – 568 p.
3. A.V. Borodin. Mathematical models of management of a commercial bank credit portfolio. – Yoshkar-Ola: MarSTU, 1998. – 168 p.
4. L.A. Demidova, A.N. Pylkin. Programming in the environment of Visual Basic for Applications. – M.: Hot line – Telecom, 2004. – 175 p.
5. T.A. Urazaeva. The automated system of visual modeling risk - processes of institutional economy // Modeling and the safety and risk analysis in difficult systems: Works of the international school of thought MA SR-2006. – SPb:SUAI, SPb, 2006. – p. 284-291.
6. M. Fauler, K. Scott. UML. Bases. St.Pet.: Symbol-plus, 2002. – 192 p.
7. The encyclopedia of a financial risk management / Edited by A.A. Lobanova, A.V. Chugunova. – M.: Alpina Publisher, 2003. – 786 p.
8. E.I. Altman, G.G. Haldeman, P. Narayanan. Zeta Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporation. – Journal of Banking and Finance, 1977 (June). – P. 29-54.
9. D. Hornby, K. Pepple. Consolidation in the data center : simplifying IT environments to reduce total cost of ownership. – Santa Clara, CA : Sun Microsystems, 2003. – 205 p.
10. P. Naur. Revised Report on the Algorithmic Language ALGOL 60 // Computer Journal. – 1963. – V. 5. – № 4. – P. 349-367.

### Keywords

Risk; Probability uncertainty; logical programming; visual modeling; urgent financial tools; the portfolio analysis; ownership aggregate value.