

УДК 651.012.122+519.866:330.322.54  
ББК 65в631

## СЕТЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ АНАЛИЗА МНОГОФАКТОРНЫХ РИСКОВ

Харитонов В. А.<sup>1</sup>, Алексеев А. О.<sup>2</sup>

(Пермский государственный технический университет,  
Пермь)

*Исследуются механизмы управления многофакторными рисками на основе сетевых матричных моделей свертки рискообразующих параметров риска в задачах обоснования ставки дисконтирования инвестиционных проектов.*

Ключевые слова: многофакторные риски, рискообразующие параметры риска, управление рисками, сетевые матричные модели свертки, топология матриц, показатели экономической эффективности, премирование за риск.

### 1. Введение

Положительный опыт использования бинарных сверток в моделях анализа многофакторных рисков [1, 6, 7] обнаруживает существование серьезной проблемы оценки влияния рисков на проект в целом.

В практике оценивания эффективности проектов для определения ставки дисконтирования  $Rd$  с учетом  $n$  факторов риска используется кумулятивный подход, который формально можно записать следующим образом

---

<sup>1</sup> Валерий Алексеевич Харитонов, доктор технических наук, профессор ([nedstf@pstu.ru](mailto:nedstf@pstu.ru)).

<sup>2</sup> Александр Олегович Алексеев, аспирант ([nedstf@pstu.ru](mailto:nedstf@pstu.ru)).

$$(1) \quad Rd = d + i + \sum_{l=1}^n r_l,$$

где  $d$  – безрисковая ставка,  $i$  – темп инфляции,  $r_l$  – премия за  $l$ -й фактор риска (поправка на этот риск),

или

$$(2) \quad Rd = [(1 + d/100) \cdot (1 + i/100) \cdot (1 + r/100)] \times 100\% - 100\%,$$

где  $r$  – комплексное значение премии, полученное методом линейной (аддитивной) свертки. Можно рекомендовать использование метода взвешенных коэффициентов, осознавая все сложности экспертного ранжирования рисков событий. В [6] показана возможность ранжирования факторов риска с помощью универсальных бинарных матриц свертки с учетом обоих рискообразующих параметров:  $P$  – возможность возникновения рисков события и  $C$  – размер потерь в случае наступления этого события. Процедура определения ставки дисконтирования становится более достоверной при переводе агрегирования множества премий за риски на стадию определения комплексной оценки риска модифицированным методом взвешенных коэффициентов.

В статье исследуются возможности управления многофакторными рисками на основе сетевых матричных моделей свертки рискообразующих факторов риска в задачах обоснования ставки дисконтирования инвестиционных проектов.

В данной работе управление рисками рассматривается как процессное управление [3] на этапе оценки риска, поскольку принимается гипотеза о статичном состоянии внешней среды – факторов риска и других параметров связанных с ними. Последующий анализ рисков и разработка антирисковых мероприятий сохраняет процессное управление, однако делает возможным решение динамической задачи в форме ситуационного управления: стратегии ЛПР разрабатываются на основе решения игровых моделей теории игр.

Дальнейший материал статьи разбит на три части:

- 1) построение многофакторных моделей рисков с применением механизмов комплексного оценивания (МКО) [9],

- 2) оценка возможностей исследования эффективности методов управления рисками с помощью моделей данного класса,
- 3) описание подхода к обоснованию поправок на риски проекта в задаче определения ставки дисконтирования.

## 2. Многофакторные модели риска

### 2.1. КОНСТРУИРОВАНИЕ МАТРИЦ РИСКА

Традиционно на этапе количественного анализа строится матрица ожидаемых значений потерь (ОЗП). Элементы матрицы определяются путем умножения параметра, описывающего возможность наступления негативных последствий, часто называемого субъективной вероятностью, на параметр, описывающий размер денежных потерь.

Для переменной  $C$ , меняющейся в широких пределах в различных задачах, предлагается нормализация области варьирования в диапазоне 0-100% от планируемой прибыли (рис. 1).

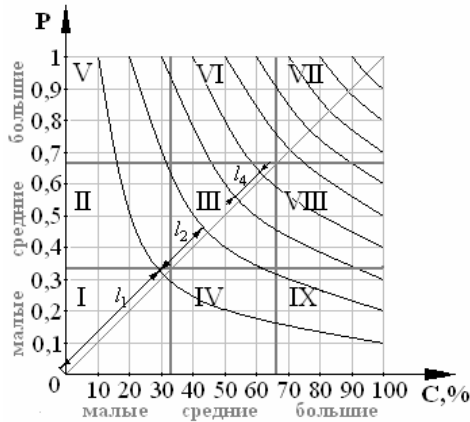


Рис. 1. Матрица риска в относительных значениях рискообразующих частных критериев

На прямой, описываемой уравнением  $P = C$  (рис. 1), можно заметить, что при постоянном шаге дискретности ОЗП наблюдается сгущение линий в направлении области больших значений параметров и разряжение в обратном направлении.

В соответствии с тем, что в области VII наблюдается сгущение ОЗП, можно говорить о более интенсивном росте уровня риска именно в этой области. Аналогичным образом на рис. 1 выделяется характерная область I – область малых значений ОЗП – интерпретируемая как область малых уровней риска. В ней изменения любого из параметров не приводит к существенному изменению динамики ОЗП, а значит, и уровня риска.

Таким образом, при конструировании матрицы свертки параметров  $X(P)$  и  $X(C)$  можно обосновать тип кусочно-линейной аппроксимации главной диагонали свертки по варианту а) как показано на рис. 2: отсутствие роста уровня риска при развитии частных критериев в области их малых значений, умеренный – в области средних и интенсивный рост в области больших значений.

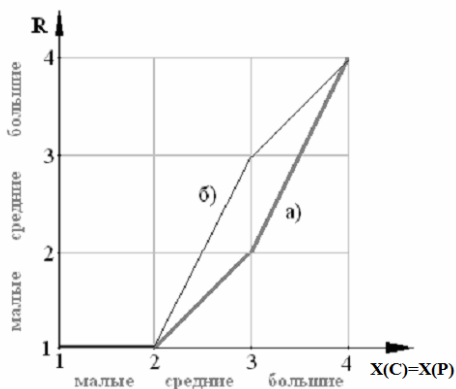


Рис. 2. Кусочно-линейная аппроксимация главной диагонали матрицы свертки: а) ЛПР более склонный к риску; б) ЛПР менее склонный к риску

В связи с тем, что некоторые эксперты придерживаются версии, предусматривающей интенсивный рост уровня риска различных проектов в средней области III, объясняя это тем, что при значении вероятности  $P = 0,5$  появляются сомнения в реализуемости проекта, главная диагональ матрицы свертки уже в средней области значений параметров может иметь иной тип кусочно-линейной аппроксимации б), связанный с синергетическим эффектом (рис. 2), усиливающим степень риска при критических значениях обоих рискообразующих параметров.

С учетом ограничений на наполнение канонических [7] матриц свертки: матрица не может быть убывающей при росте значений частных критериев, при развитии одного параметра на единицу свертка может увеличиваться не более чем на единицу, обоих – не более чем на две единицы, содержание матриц свертки примет дополнительное обоснование (рис. 3).

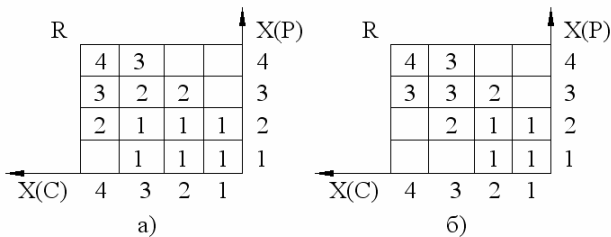


Рис. 3. Варианты наполнения матриц свертки в моделях предпочтений: а) ЛПП более склонного к риску; б) ЛПП менее склонного к риску

Следует отметить, что для случая а) эксперту остается заполнить всего четыре элемента матрицы (рис. 3): в нижней левой части матрицы – два варианта заполнения, в верхней правой – шесть. Таким образом, при решении задачи выбора к рассмотрению достаточно принять 12 в известной степени «авантюрных» вариантов матриц риска.

В случае б) (рис. 3) нижняя левая и верхняя правая части матрицы могут быть заполнены шестью способами каждая, так

что решение задачи выбора ограничивается 36-ю вариантами «осторожных» матриц риска.

Таким образом, для моделирования риска выбор матрицы свертки значительно упрощается в связи с уменьшением количества подходящих матриц с 1236 (мощность полного множества канонических матриц свертки) до 48.

Более точное решение задачи выбора матрицы свертки может быть получено с использованием системы классификации матриц по параметрам несимметричности [7] матрицы  $N$  и неравномерности  $M$ , описываемым следующим образом:

$$(3) \quad N = \frac{1}{2} \left( \sum_{\substack{i=1 \\ i < j}}^{i_{\max}} (m_{ij} - m_{ji}) - \sum_{\substack{i=1 \\ i > j}}^{i_{\max}} (m_{ij} - m_{ji}) \right),$$

$$(4) \quad M = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{5-i} m_{ij} - 20.$$

Необходимо обратить внимание на тот факт, что чем ниже значение параметра неравномерности, тем более склонным к риску является ЛПР, аналогично тому, как было показано на рис. 2 с главной диагональю. Однако на этапе учета показателя  $M$  его значения будут давать недостаточную информацию для окончательного выбора матрицы. Это связано с тем, что формула (4) определяется как сумма элементов нижнего правого треугольника матрицы свертки, из которой вычитается 20 с целью представления области значений параметра  $M$  в диапазоне  $-10 \div 10$ , что не полностью отражает представление эксперта о риске при конструировании матрицы.

В связи с этим предлагается суммировать все элементы матрицы для определения параметра на всей области определения рискообразующих параметров. Данный параметр может служить для интерпретации пессимистичности или оптимистичности ЛПР:

$$(3) \quad O = \sum_{i,j=1}^4 m_{ij}.$$

Следует отметить, что при равных значениях  $M$  существует не более четырех матриц, которые отличаются параметрами несимметричности  $N$  и оптимистичности  $O$ , что говорит о достаточности используемых параметров для полного описания всех 48-ми матриц риска.

На основе вышеизложенного может быть предложен альтернативный универсальному методу конструирования матриц подход к полному решению задачи выбора матриц риска:

- на первом шаге выбора определяется тип ЛПП по склонности к риску, на основе этого заполняется главная диагональ матрицы свертки;

- на втором шаге достигается однозначный выбор матрицы свертки установлением параметров и применением их для снижения неопределенности в следующей последовательности: неравномерность  $M$  (оптимистичность  $O$ ) и несимметричность  $N$  при условии понятной их интерпретации.

## 2.2. УНИВЕРСАЛЬНАЯ БИНАРНАЯ МОДЕЛЬ РИСКА

Модель рисков, отличающаяся универсальностью стандартной шкалы МКО, имеет основание считаться универсальной моделью риска относительно множества возможных факторов. На основе такой модели предпочтений ЛПП можно решать задачи количественного анализа многофакторного риска [6].

В качестве примера универсальной бинарной модели предпочтения ЛПП, рассмотрим матрицу, удовлетворяющую вышеуказанным требованиям на заполнение элементов (рис. 4).

Имея топологическую интерпретацию матриц свертки (субъективное представление ЛПП), устанавливающую возможную динамику развития уровня риска  $R$  при изменении рискообразующих параметров  $X(P)$  и  $X(C)$  относительно их контекстных исходных значений, целесообразно сопоставить ее (рис. 4 в) с результатами количественного анализа риска на основе использования ОЗП (без проявления человеческого фактора).

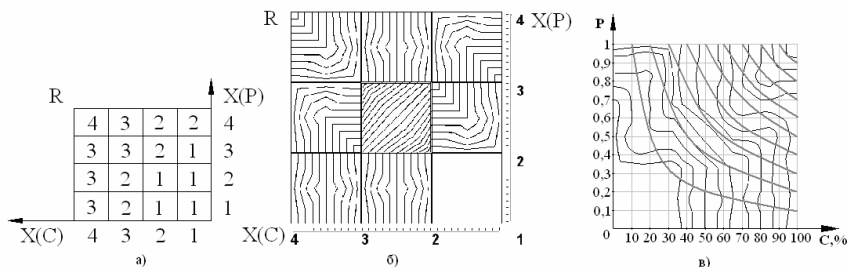


Рис. 4. Универсальная модель предпочтения ЛПП: а) матрица свертки; б) топологическое представление матрицы свертки; в) сопоставление результатов количественного анализа, полученных методами топологической интерпретации матриц свертки и ОЗП

Уровни риска  $R$  определяются в стандартной шкале МКО и поэтому их значения могут быть представлены как множеством действительных значений в интервале  $[1, 4]$ , так и множеством нечетких значений с использованием функций фаззификации, например, по методу «центра тяжести» [7]:

$$(6) \quad X_C = \frac{\sum_i X_i \cdot \mu_i}{\sum_i \mu_i}.$$

Ограничение  $\sum_i \mu_i = 1$  упрощает выражение (6) и обеспечивает взаимоднозначность обеих форм представления уровня риска.

Для любого значения  $X_C$  в шкале МКО может быть построено нечеткое множество. В этом случае можно утверждать, что значение функции принадлежности в точке  $X_C$  должно принимать максимальное значение ( $\mu_{X_C} = 1$ ). Это предположение не противоречит формальной логике и, как показано ниже, не нарушает процедуры вычисления центра тяжести.

$$(7) \quad X_C = \frac{\sum_i X_i \cdot \mu_i + X_C}{1+1} = \frac{2 \cdot X_C}{2} = X_C.$$



Таким образом, нечеткое число может быть представлено не двумя парами значений, а тремя –  $Ax_C = \{X_i / \mu_i, X_{i+1} / \mu_{i+1}, X_C / 1\}$ . Этим трем значениям графически соответствует нечеткое множество в виде треугольника.

Проиллюстрируем процедуру установления уровней риска на примере нескольких рисков событий, для которых экспертами установлены значения рискообразующих параметров  $C$  и  $P$  (табл. 1).

Таблица 1. Определение уровня риска для нескольких факторов

Факторы риска	$C$	$X(C)$	$P$	$X(P)$	$R(X(P), X(C))$
Фактор №1	0,53	2,59	0,27	1,81	1,59
Фактор №2	0,35	2,05	0,13	1,39	1,08
Фактор №3	0,33	1,99	0,62	2,86	1,86

Определив уровни риска нескольких факторов (рис. 5 а) можно найти интегральный или комплексный уровень риска (рис. 5 б) путем пересечения нечетких чисел, соответствующих уровням риска.

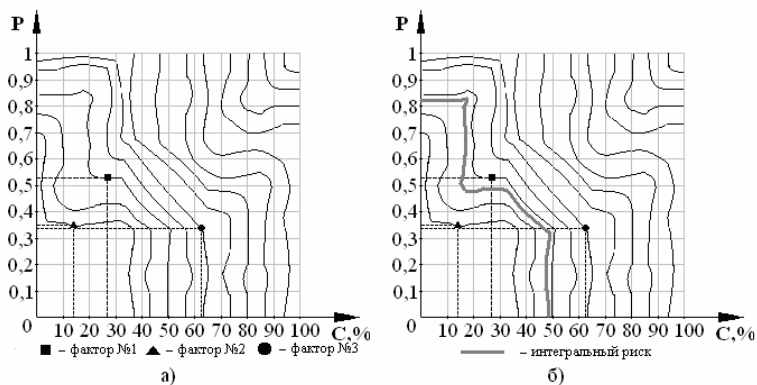


Рис. 5. а) оценки уровней риска нескольких факторов; б) изопрайса, соответствующая интегральному уровню риска

Ранжирование группы рисков методом комплексного оценивания может быть использовано для определения весовых коэффициентов линейной свертки, описывающей интегральный риск

$$(8) \quad R = \sum_{l=1}^n k_l R_l, \quad \forall k_l \in (0,1), \quad \sum_{l=1}^n k_l = 1,$$

где  $k_l$ ,  $R_l$  – взвешенные коэффициенты и уровни риска по  $l$ -ому фактору соответственно,  $n$  – число учитываемых факторов риска,  $R$  – интегральная оценка уровня риска.

Процедуру определения взвешенных коэффициентов  $k_l$  целесообразно строить на основе полученных оценок уровней риска в исходном состоянии проекта относительно рисков, предшествующих управлению рисками:

$$(9) \quad k_l = R_l / \sum_{l=1}^n R_l .$$

Интегральный уровень риска в соответствии с данными таблицы 1 моделируется методом взвешенных коэффициентов линейной сверткой

$$(10) \quad R = 0,35 \cdot R_1 + 0,24 \cdot R_2 + 0,41 \cdot R_3 .$$

Универсальная бинарная модель предпочтений ЛППР в качестве инструмента количественного анализа многофакторных рисков все же уступает иерархической, многоходовой модели, в разнообразии предоставляемых возможностей обоснования управленческих решений.

### 2.3. МНОГОУРОВНЕВЫЕ МОДЕЛИ РИСКА

По сравнению с бинарной моделью многоуровневые модели обладают преимуществами [1], связанными с возможностями построения по каждому рискообразующему параметру функций чувствительности интегрального риска, являющихся инструментом обоснования управленческих решений, и динамики изменений состояний рисков, иллюстрируемой на фоне топологического представления моделей предпочтений. Многоуровневые модели риска на основе деревьев критериев и матриц свертки

встречаются в [4], а учитывающие оба рискообразующих параметра в литературе не встречаются.

При построении многоуровневых моделей предпочтений становится принципиальным выбор порядка структурного синтеза [1], который можно вести по двум альтернативным направлениям:

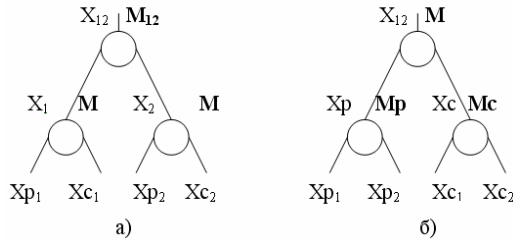


Рис. 6. Альтернативные двухуровневые модели риска

Безусловно, общим для обеих моделей является присутствие на их входах нечеткой экспертной информации об агрегируемых параметрах рисков. На этапе конструирования матриц свертки эта информация служит для идентификации их элементов, расположенных на пересечении строк и столбцов, указываемых целочисленными значениями аргументов, т. е. являющихся четкими числами. Поэтому элементы матрицы могут вычисляться алгебраическими свертками как для возможности рисковых событий (для совместных независимых случайных событий),

$$(11) P_{12} = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2,$$

так и для уровней ожидаемых потерь, соответственно, с учетом, в общем случае нелинейных, функций приведения.

$$(12) C_{12} = C_1 + C_2,$$

Для линейных функций приведения матрицы свертки представлены на рис. 7.

$X(P_{12})$					
	4	4	4	4	
	4	3,67	3,34	3	
	4	3,34	2,71	2	
	4	3	2	1	
$X(P_2)$	4	3	2	1	

а)

$X(P_1)$					
	4	4	4	4	
	4	4	4	3	
	4	4	3	2	
	4	3	2	1	
$X(C_2)$	4	3	2	1	

б)

Рис. 7. Матрицы свертки рискообразующих параметров:  
 $P_1, P_2$  – (а) и  $C_1, C_2$  – (б)

Первая из указанных матриц соответствует общему случаю, охватывающему всю область определения возможности рисковогó события, и не несет в себе субъективного начала. Учет человеческого фактора (предпочтений) неизбежно влечет за собой нелинейность функций приведения и сужение области определения до размеров, существенных для ЛПР. Данные обстоятельства меняют наполнение матрицы свертки (рис. 2 а), поскольку вычисление ее элементов согласно выражения (11) связано с использованием функции приведения в прямой и обратной формах. Следовательно, простое тиражирование подобных матриц, как в частном случае линейных функций приведения, неприемлемо.

Топологическое представление построенных матриц нечеткой свертки, являющихся моделями предпочтений экспертов, иллюстрируется рис. 8 а. Для сопоставления на рис. 8 б представлена топология четкой алгебраической свертки.

При функционировании многофакторной модели риска для исходных данных, где аргументы имеют нечеткую форму, свертка вычисляется интерполяционной процедурой по максимому принципу, используя целочисленные значения в качестве опорных. Полученные значения в общем случае не совпадают со значением четкой алгебраической свертки, в которой нет необходимости учитывать человеческий фактор. В случае нечетких чисел присутствует сомнение эксперта в принадлежности его информации к целочисленным значениям.

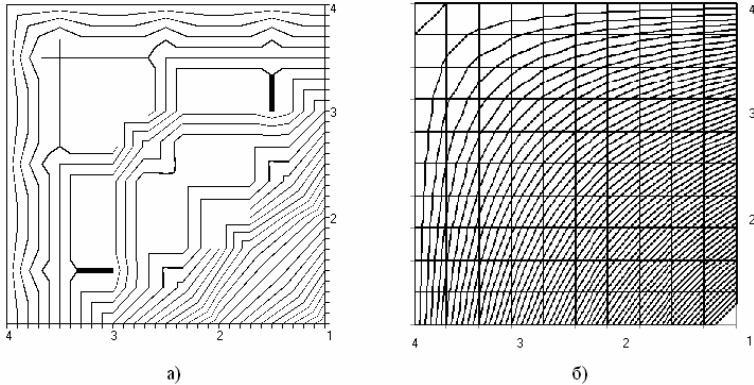


Рис. 8. Топологическое представление матрицы нечеткой свертки факторов  $P1$  и  $P2$  (а) и четкой алгебраической свертки (б)

### 3. Управление рисками

Многофакторный риск бизнес-процесса, экспертно описываемый наборами значений рискообразующих параметров, в построенной модели определяется точкой многомерного пространства модели, отображаемой на топологических эпюрах матриц свертки. Известные методы управления рисками могут изменить положение этой точки, если они надлежащим образом меняют значения того или иного рискообразующего фактора, что позволяет ранжировать предлагаемые управленческие решения по их эффективности. С другой стороны, сформулированные требования к снижению текущего уровня риска могут служить основанием для поиска ориентированных на предпочтения ЛПР управленческих решений. Это делает востребованным предложенный класс моделей.

Как видно из рис. 5, уровень риска будет уменьшаться не во всех случаях, когда снижается возможность наступления рисковог события или уровень ожидаемых потерь, это зависит от конкретной точки топологического пространства (таблица 2).

Таблица 2. Зависимость риска от направления действия

Направление снижения рисков	Фактор №1	Фактор №2	Фактор №3
Снижение <i>P</i>	+	–	–
Снижение <i>C</i>	+	–	+

Методы снижения риска, в свою очередь, также могут быть направлены на снижение возможности наступления рискового события *P* или уровня потерь *C*. Эта зависимость представлена в таблице 3.

Таблица 3. Отношение методов управления рисками и направления действия

Методы снижения риска	Снижение	
	<i>P</i>	<i>C</i>
<b>Группа методов компенсации</b>		
стратегическое планирование деятельности предприятия	+	+
активный маркетинг	+	
прогнозирование внешней среды	+	
мониторинг социально-экономической и правовой среды	+	
создание системы резервов		+
<b>Группа методов распределения</b>		
диверсификация видов деятельности	+	+
диверсификация сбыта и поставок	+	
диверсификация кредитной задолженности		+
диверсификация инвестиций		+
распределение ответственности между участниками	+	
распределение рисков во времени	+	
<b>Группа методов локализации</b>		
создание венчурных фирм		+
создание специализированных подразделений для выполнения рисковых проектов		+
<b>Группа методов ухода от рисков</b>		
отказ от ненадежных партнеров	+	+
отказ от рискованных проектов	+	+
страхование отдельных видов рисков		+

Совместив таблицы 2 и 3 получим матрицу  $A_{mn}$ , где  $n$  – факторы риска,  $m$  – методы управления рисками. Элементы данной матрицы можно представить как переменные булевой алгебры  $a_{ij}$ :

$$(10) a_{ij} = \{1 : \Delta R(X(P), X(C)) < 0; 0 : \Delta R(X(P), X(C)) = 0\},$$

$$i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}.$$

Элемент  $a_{ij}$  равен единице, если метод  $j$  приводит к изменению уровня риска по фактору  $i$ . В противном случае элемент равен нулю.

Матрицу  $A_{mn}$  можно упростить используя метод Петрика [2], основанный на равносильных преобразованиях следующей формы:

$$(13) \text{con}_i \left( \text{dis}_j (a_{ij} \cdot m_j) \right),$$

где  $m_j$  – метод снижения риска.

Данная форма соответствует тому, что уровень риска, по каждому  $i$ -ому фактору может быть снижен с использованием альтернативных методов  $j$ .

Таблица 4. Пример зависимости риска от направления действия

Методы снижения рисков		Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
$m_1$	Метод 1	1	1	0
$m_2$	Метод 2	0	1	1
$m_3$	Метод 3	0	1	0

Упрощение матрицы осуществляется с целью исключения дублирующих методов управления рисками. Этот процесс выглядит следующим образом:

$$(14) m_1 \cdot (m_1 \vee m_2 \vee m_3) \cdot m_2 \equiv m_1 \cdot (1 \vee m_2 \vee m_3) \cdot m_2 \equiv m_1 \cdot 1 \cdot m_2$$

В случае если форма (13) будет в упрощенной форме (14) представима в виде дизъюнкции конъюнкций, то дизъюнкты будут выступать в качестве альтернатив ЛПР.

Оставшиеся методы снижения рисков  $m' = \{m_1, m_2\}$  (конкретные мероприятия) являются контролируруемыми факторами и показывают сценарии ЛППР, а факторы риска возможные состояния природы. В такой постановке матрица  $B = m' \times f$ , являющаяся декартовым произведением вектора  $m'$  и вектора  $f$  – группы факторов риска, может рассматриваться в качестве платежной матрицы теории игр, в постановке *игры с природой* [5]. Элементами платежной матрицы неантагонистической игры будут изменения интегрального уровня риска  $\Delta IR_{ij}$ , определенного с помощью многоуровневой модели риска. В данном случае многоуровневая модель используется не только для оценки интегрального уровня риска, но и для анализа его чувствительности к отдельным факторам и определения эффективности конкретного мероприятия, направленного на изменение риска этого фактора.

Для первоначального состояния системы или проекта известны уровни рисков для отдельных факторов. Проведя процедуру нормирования уровней риска по типу (9), полученные доли можно интерпретировать как степень «опасности» каждого фактора. В пессимистичной постановке можно считать, что вектор  $\{k_1, \dots, k_n\}$  соответствует наиболее вероятному состоянию природы.

#### **4. Обоснование ставки дисконтирования**

Основной проблемой при использовании поправочных коэффициентов на риск является сложность обоснования их конкретных значений из рекомендуемых интервалов, возрастающая при необходимости учета нескольких факторов риска. Негативным последствием этого является появление у экспертов возможности манипулирования этими значениями при оценке экономической эффективности проекта.

Для решения вышеописанной проблемы предлагается универсальная модель комплексного оценивания качества премирования за риск (рис. 9), агрегирующая качественную оценку



уровня риска для отдельного фактора и сопоставляемый с ним диапазон значений премирования  $r$ .

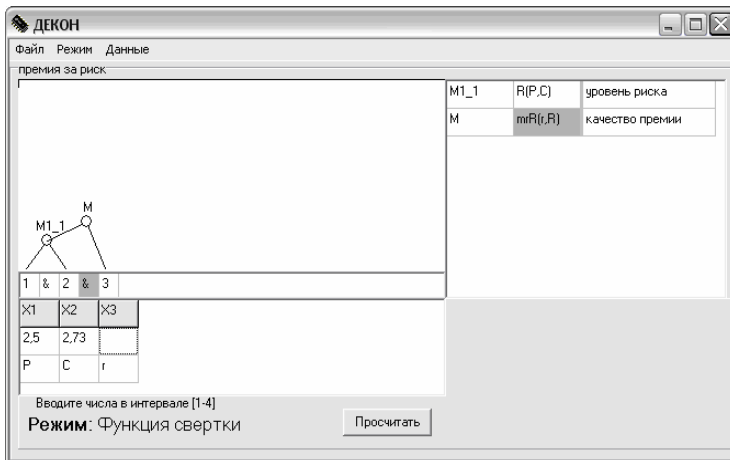


Рис. 9. Модель комплексного оценивания качества премирования за риск

Алгоритм обоснования ставки дисконтирования выглядит следующим образом (рис. 10):

- шаг 1.** определение безрисковой ставки и темпа инфляции;
- шаг 2.** построение функций приведения частных критериев к стандартной шкале МКО;
- шаг 3.** конструирование матрицы риска с использованием согласованных экспертных мнений;
- шаг 4.** определение качественной оценки уровня риска;
- шаг 5.** выбор матрицы свертки премирования за риск;
- шаг 6.** задание экспертом качественного уровня премии исходя из уровня риска;
- шаг 7.** определение размера премии в шкале МКО;
- шаг 8.** вычисление значения премии в физической шкале с использованием функции приведения;
- шаг 9.** установление ставки дисконтирования согласно формулам (1) или (2).

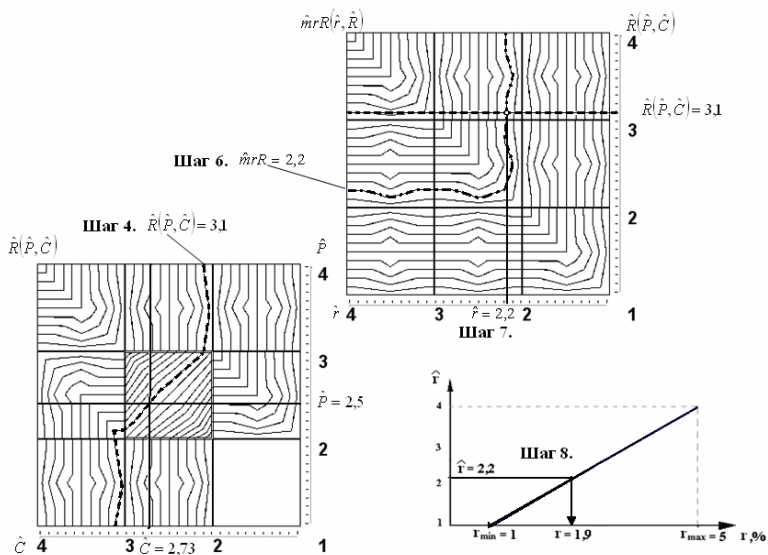


Рис. 10. Алгоритм обоснования премии за риск

Дополнительное исследование подходящих матриц и окончательный выбор позволит разработать конкретные методические рекомендации по обоснованию ставки дисконтирования.

Приведем расчетный пример, иллюстрирующий преимущества предлагаемого метода обоснования ставки дисконтирования. Ниже (рис. 11) приводятся зависимости степени снижения уровней риска по каждому из взятых двух факторов от затрат (в условных единицах), полученные в ходе вычислительного эксперимента. Они свидетельствуют о том, что в сетевых моделях оценивания многофакторных рисков, учитывающих предпочтения ЛПР, приоритеты рискообразующих параметров характеризуются чередованием. Из этого следует чередование направленности антирисковых мероприятий, вытекающее из субъективного отношения ЛПР к контекстной рисковому обстановке, в то время как традиционные подходы к анализу рисков предполагают одновременное управление всеми рискообразующими параметрами.

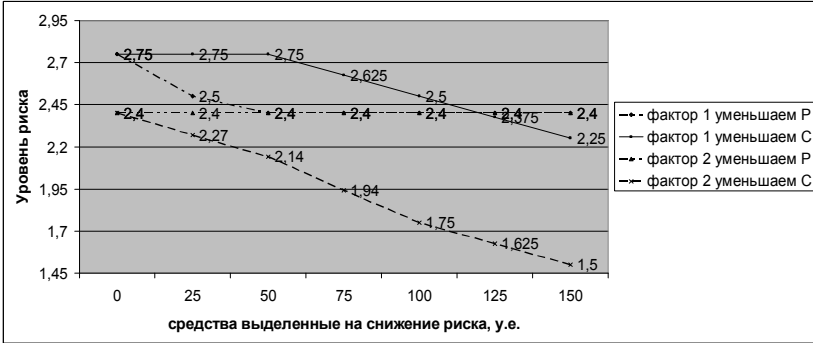


Рис. 11. Зависимость уровня риска от затрат на его снижения

Действительно, как видно из рис. 12, оптимальные (перпендикулярные к сети изопрайс) направления снижения уровня риска из заданного состояния  $R_i$  предлагаемым методом  $\overline{\Delta R}_P$  и, например, методом ОЗП  $\overline{\Delta R}_{ОЗП}$  отличаются дополнительно по сравнению с предлагаемыми усилиями  $\overline{\Delta R}_C$  по снижению компоненты  $C$ .

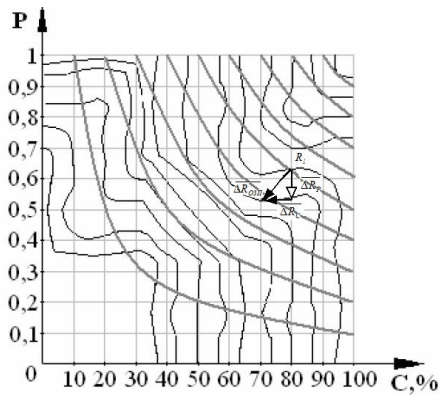


Рис. 12. Сравнительный анализ направлений оптимизации управления рисками, предлагаемых методом  $\overline{\Delta R}_P$  и методом  $\overline{\Delta R}_{ОЗП}$

Это обстоятельство снижает затраты на антирисковые мероприятия, уменьшает ставки дисконтирования и повышает инвестиционную привлекательность проекта за счет индивидуальности ЛПП в вопросах его отношения ко всем обстоятельствам риска, без чего невозможно взятие им на себя полноты ответственности за будущие события.

## 5. Заключение

В статье показана возможность построения сетевых моделей оценивания многофакторных рисков в виде универсальных бинарных матриц, выбираемых в соответствии с типом ЛПП и успешно используемых для обоснования взвешенных коэффициентов в линейных моделях интегральных рисков, и многоуровневых моделей риска. С их помощью решены задачи поиска оптимального в рамках предпочтений ЛПП распределения средств, направленных на снижение интегрального уровня риска, и обоснования ставки дисконтирования.

Стоит отметить тот факт, что учет методами управления рисками индивидуальных особенностей и ответственности ЛПП позволяет снизить уровень риска как отдельных факторов, так и риска проекта в целом, что, в конечном счете, ведет к уменьшению ставки дисконтирования. Это приведет к повышению показателей экономической эффективности инвестиционных проектов. При снижении ставки дисконтирования растет чистый дисконтированный доход (чистая приведенная стоимость –  $NPV$ ), увеличивается интервал между расчетной ставкой дисконтирования и внутренней нормой доходности ( $IRR$ ), который некоторые эксперты интерпретируют как «устойчивость» проекта к изменениям внешней среды. Кроме того, при этом уменьшается дисконтированный срок окупаемости ( $DPB$ ), что в целом приводит к повышению привлекательности и надежности инвестиционных проектов.

### Литература

1. АЛЕКСЕЕВ А.О. ХАРИТОНОВ В.А. *Многофакторные модели рисков с учетом предпочтений ЛПР* / VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: Сборник трудов. – Т1. – Ижевск: ООО информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. – С. 27 – 31.
2. АЛЯЕВ Ю.А., ТЮРИН С.Ф. *Дискретная математика и математическая логика*: учебник – М.: Финансы и статистика, 2006. – 368 с.
3. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами*: Учебник – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
4. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИН А.В. *Механизмы управления эколого-экономическими системами* – М.: Издательство физико математической литературы, 2008. – 244 с.
5. ГЛУХОВ В.В., МЕДНИКОВ М.Д., КОРОБКО С.Б. *Математические методы и модели для менеджмента* – СПб.: Издательство «Лань», 2007. – 528 с.
6. ХАРИТОНОВ В.А., АЛЕКСЕЕВ А.О. Количественный анализ уровней риска на основе универсальной бинарной модели предпочтения ЛПР // Вестник Пермского университета. – 2009. – №2. – С. 13 – 23.
7. ХАРИТОНОВ В.А., БЕЛЫХ А.А. *Технологии современного менеджмента* – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 190 с.

**NETWORK MECHANISMS  
OF MULTIPLE-FACTOR RISKS ANALYSIS**

**Valeriy Kharitonov**, Perm state technical university, Perm, Doctor of Science, professor (nedstf@pstu.ru).

**Alexander Alekseev**, Perm state technical university, Perm, post-graduate student (nedstf@pstu.ru).

*Abstract: We study management mechanisms for multiple-factor risks in problems of justification of the discount rate of investment projects. The mechanisms are based on the network models with matrix convolution of risk-generating parameters.*

Keywords: multiple-factor risks, risk-generating parameters, risk management, network model of matrix convolution, topology of matrix, cost-performance indicators, risk premium.

*Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии М. В. Губко*