

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ  
РИСКАМИ ВИРТУАЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ  
СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****Э. Б. Песиков (Санкт-Петербург)**

В связи с развитием сетевых технологий большой интерес представляет такая организационная структура, как виртуальное предприятие, в рамках которого наиболее полно реализуются такие свойства систем, как адаптивность, гибкость и управляемость [1]. При этом весьма актуальна проблема совершенствования аналитического инструментария риск-менеджмента для виртуального предприятия.

Целью исследования является разработка моделей и методов оценки и оптимального управления рисками виртуального предприятия, основанных на применении методов риск-менеджмента, имитационного моделирования и аналитических имитационных систем.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- построение структуры виртуального предприятия, включая подбор наилучших кандидатов на роль агентов виртуального предприятия с помощью метода анализа иерархий (метод Т. Саати);
- ранжирование риск-факторов и определение степени их влияния на общий уровень риска стратегии виртуального предприятия с помощью метода анализа иерархий;
- разработка и реализация на компьютере статистической модели движения финансовых потоков виртуального предприятия, основанной на применении метода Монте-Карло и позволяющей учитывать стохастический характер параметров внешней и внутренней среды;
- построение и реализация на компьютере статистической модели управления рисками предприятия, при построении которой были реализованы известные в теории риск-менеджмента методы минимизации рисков;
- рассмотрение возможности применения оптимизационных подходов к управлению рисками предприятия.

В работе [2] на примере инвестиционного проекта по созданию виртуального издательско-полиграфического предприятия приводится построение математического описания функционирования территориально распределенной производственной системы с сетевой организацией. Виртуальное предприятие может рассматриваться как производственная структура в виде сети, включающей в себя ядро (небольшую группу перспективно мыслящих лидеров, которые изначально разработали проект по созданию виртуального предприятия, занимаются его эксплуатацией и маркетингом и являются его владельцами) и множество агентов-предприятий [1]. В качестве агентов виртуального издательского предприятия привлекаются такие компании, как:

- студия по Web-дизайну (для создания сайта виртуального предприятия);
- консалтинговая компания (для проведения маркетинговых исследований рынков печатной продукции);
- рекламное агентство (для стимулирования и формирования спроса на издания);
- компания по допечатной подготовке издания;
- типография (для печати тиража и реализации послепечатной стадии подготовки изданий);
- логистическая компания (для доведения печатной продукции до потребителей).

К наиболее важным при проектировании виртуального издательско-полиграфического предприятия относится задача оптимального подбора агентов, за-

ключающаяся в выборе по заданному набору критериев из множества возможных кандидатов на роль агента (альтернатив) наиболее предпочтительного. Для оптимизации выбора кандидата в агенты предлагается использовать метод анализа иерархий, разработанный известным специалистом по исследованию операций Т. Саати [3].

Одной из проблем в теории и практике виртуального предприятия является разработка адекватных математических моделей функционирования данного класса организационных систем. На основе изучения теории и практики менеджмента и маркетинга предприятия отрасли печати была разработана статистическая модель движения финансовых потоков виртуального издательско-полиграфического предприятия.

Риск стратегии характеризуется: событиями, оказывающими негативное воздействие на исследуемую систему, вероятностью появления этих событий и оценкой возможного ущерба в результате наступления этих событий [4]. Для решения задачи ранжирования риск-факторов и определения степени их влияния на общий уровень риска проекта по созданию виртуального предприятия также может быть использован метод анализа иерархий.

После выявления наиболее значимых риск-факторов необходимо провести количественный анализ рисков стратегий, заключающийся в численном измерении степени влияния этих риск-факторов на поведение критериев эффективности стратегии. Наиболее часто применяются такие методы количественного анализа рисков, как метод корректировки нормы дисконта, метод “дерева решений”, анализ чувствительности, анализ сценариев, метод имитационного моделирования. Наиболее точным при анализе эффективности и риска стратегий является статистическое моделирование движения денежных потоков виртуального предприятия, учитывающее вероятностный характер риск-факторов и позволяющее не только оценивать, но и управлять рисками стратегий. Реализуемый при применении метода Монте-Карло комплексный подход к оценке риска заключается в том, что для аналитика представляется возможным анализировать различные измерители риска – распределение вероятностей, оценки математического ожидания, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации. Для количественной оценки риска был использован и такой показатель, как вероятность реализации эффективного проекта.

Процесс создания виртуального предприятия можно рассматривать как инвестиционный проект, для оценки экономической эффективности которого могут быть использованы известные в теории инвестиционного проектирования показатели.

Имитационная модель движения денежных потоков предприятия, основанная на применении метода Монте-Карло, имеет вид

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 - z\delta,$$

где  $NPV$  – чистый приведенный доход (выходной показатель);

$CF_t$  – чистый денежный поток интервала (месяца)  $t$ ;

$r$  – ставка дисконтирования;

$T$  – длительность реализации проекта, в интервалах  $t$ ;

$I_0$  – первоначальные инвестиции;

$z$  – потери от реализации риск-фактора;

$z \in N(m_z, \sigma_z^2)$  – случайная величина, подчиненная нормальному закону распределения с заданными параметрами  $m_z$  и  $\sigma_z^2$ ;

$m_z$  – математическое ожидание случайной величины  $z$ ;

$\sigma_z^2$  – дисперсия случайной величины  $z$ ;

$\delta$  – дискретная случайная величина, моделирующая реализацию риск-фактора и принимающая значение 1 (если имеет место реализация риск-фактора) с вероятностью  $\alpha$  и 0 (реализация риск-фактора отсутствует) с вероятностью  $(1 - \alpha)$ ;  $\alpha$  – заданный уровень вероятности реализации риск-фактора.

Управление рисками заключается в идентификации и анализе рисков и выработке плановых мер по минимизации негативных последствий наступления рисков событий. К известным методам управления рисками относятся такие методы, как диверсификация, уклонение от рисков, компенсация и локализация [4]. В работе [2] использовался метод страхования риска, представляющий собой возможный способ снижения риска и заключающийся, по существу, в передаче определенной доли риска страховой компании. При этом для управления риском предлагается модифицированная статистическая модель движения финансовых потоков предприятия, основанная на включении в исходную модель переменных и параметров, соответствующих реализации анти-рисковых мероприятий:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t - w_t}{(1+r)^t} - I_0 - z\delta + s\delta,$$

где  $w_t$  – регулярные страховые взносы на антирисковые мероприятия в интервале  $t$ ;  
 $s$  – размер страховой премии.

В теории риск-менеджмента показывается, что имитационное моделирование методом Монте-Карло может быть использовано также и для построения оптимизационных моделей управления рисками с целью выбора минимального уровня риска при заданной ожидаемой экономической эффективности инвестиционного проекта или максимальной экономической эффективности проекта при заданном предельно допустимом уровне риска [5].

В рамках фиксированного метода управления рисками оптимизационный подход может быть реализован двумя способами. В первом способе необходимо минимизировать вероятность риска инвестиционного проекта  $P(NPV < 0)$ , обеспечивая при этом ожидаемую эффективность проекта, не меньшую минимально допустимого значения показателя ожидаемой эффективности  $m_{\text{доп}}$ . При такой постановке оптимизационная задача будет иметь следующий вид:

найти  $\min P(NPV < 0)$

при условии  $M(NPV) \geq m_{\text{доп}}$ ,

где  $P$  – символ вероятности;

$P(NPV < 0)$  – вероятность реализации неэффективного проекта;

$NPV$  – показатель экономической эффективности проекта (чистый приведенный доход);

$M(NPV)$  – математическое ожидание показателя  $NPV$ .

При втором способе находится максимум ожидаемой эффективности проекта  $M(NPV)$  при необходимости обеспечения уровня вероятности риска проекта, не превышающего максимально возможного значения показателя рискованности проекта  $p_{\text{доп}}$ .

В этом случае оптимизационная задача записывается следующим образом:

найти  $\max M(NPV)$

при условии  $P(NPV < 0) \leq p_{дон}$ .

Решениями этих задач будет набор  $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*, P^*(NPV < 0), M^*(NPV))$ , состоящий из оптимальных значений управляемых переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и оптимизируемых показателей. Для нахождения этого набора можно применить такие известные методы математического программирования, как линейное или нелинейное программирование. Для реализации оптимизационных подходов необходимо задать функциональные зависимости вероятности реализации неэффективного проекта  $P(NPV < 0) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  и ожидаемого значения эффективности  $M(NPV) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  от управляемых переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Это можно осуществить путем аппроксимации зависимостей с помощью планирования эксперимента [6]. Результирующими показателями при построении регрессии будут значения показателей эффективности и степени риска, полученные в результате имитационного моделирования для каждого «опыта». Под опытом понимается расчет выходных параметров математической модели инвестиционного проекта по созданию виртуального предприятия при заданной комбинации факторов.

Дальнейшим развитием оптимизационного подхода к управлению рисками является поиск наилучшего метода управления рисками. Для управления рисками инвестиционного проекта могут быть использованы различные альтернативные методы управления рисками. Например, можно сравнивать между собой такие известные методы управления рисками, как метод уклонения от рисков (метод страхования рисков) и метод диверсификации. Тогда на первом этапе осуществляется поиск оптимального способа в рамках каждого из альтернативных методов, а затем на втором этапе проводится выбор наилучшей альтернативы. Сравнение альтернатив осуществляется с использованием математического аппарата проверки статистических гипотез о равенстве средних значений.

Обсуждаются вопросы построения аналитической системы управления рисками, выявления наиболее значимых риск-факторов и минимизации рисков стратегии виртуального предприятия с использованием имитационной системы "AnyLogic" [7].

Рассматриваются результаты проведенных вычислительных экспериментов по имитационному моделированию управления рисками стратегий издательского предприятия с помощью имитационной системы «AnyLogic». Приводятся результаты анализа на компьютере двух имитационных моделей, реализующих такие методы управления рисками, как уклонение от риска (метод страхования) и компенсация.

В рамках реализации первой модели были исследованы две стратегии предприятия (без управления риском и с управлением риском с использованием страхования). При построении модели управления рисками в исходную имитационную модель функционирования предприятия были включены параметры, определяющие выплату регулярных страховых взносов и получение страховой премии. Сравнительный анализ результатов вычислительных экспериментов показал предпочтительность для предприятия стратегии со страхованием риска.

При построении второй статистической модели управления рисками предприятия рассматривался такой существенный риск для виртуального предприятия, как отказ от сотрудничества одного или нескольких агентов при выполнении заказа. При этом определенная часть продукции не будет реализована и предприятие понесет убытки. Для минимизации рисков при реализации заказа предлагается рассмотреть участие в проекте альтернативных кандидатов на роль агента в случае отказа от сотрудничества основного исполнителя.

**Заключение.** Анализ результатов вычислительных экспериментов по реализации на компьютере предлагаемых статистических моделей управления рисками стратегий издательского предприятия подтверждает корректность рассматриваемых подходов к построению аналитического инструментария управления рисками виртуального предприятия.

Целесообразно провести исследования по применению и других известных методов управления рисками, например таких, как сценарное логико-вероятностное управление рисками [8].

Представляются перспективными постановка и реализация задач оптимального управления рисками с учетом разнонаправленности эффекта антирисковых мероприятий и издержек, связанных с реализацией антирисковых мероприятий.

Целесообразно в дальнейшем развитие оптимизационного подхода к управлению рисками, сводящееся к построению моделей и методов поиска наилучшего метода управления рисками.

### Литература

1. **Вютрих Х. А., Филипп А. Ф.** Виртуализация как возможный путь развития управления // Проблемы теории и практики управления. 1999. № 5.
2. **Песиков Э. Б.** Управление риском стратегии виртуального предприятия с помощью метода анализа иерархий и статистического моделирования // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: Труды международной научной школы МАБР-2009 (Санкт-Петербург, 7–11 июля 2009 г.). СПб.: ГУАП, 2009. С. 240–246.
3. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.
4. Риск-анализ инвестиционного проекта / Под ред. М. В. Грачевой. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
5. Риск-менеджмент инвестиционного проекта: Учебник для вузов / Под ред. М. В. Грачевой, А. Б. Секерина. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009.
6. **Налимов В. В., Чернова Н. А.** Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965.
7. **Карпов Ю. Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ–Петербург, 2005.
8. **Соложенцев Е.Д.** И<sup>3</sup>-технологии для экономики. СПб.: Наука, 2011.