УДК 330.101.5
ключевые слова: информационная, инновационная, интеллектуальная, технология, управление, риск, экономика, логика, вероятность, модель, статистические данные

Е. Д. Соложенцев, В. В. Карасев

И³-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ В ЭКОНОМИКЕ

Сформулирована задача управления риском неуспеха решения трудных экономических проблем, в которых решающие проблему субъекты (государство, банки, бизнес, ученые, общественное мнение) и решаемые задачи (объекты) логически связаны как события. Изложены основные положения И³-технологий с ЛВ-моделями риска и базами знаний (БЗ) для управления риском в экономике. Описаны классы ЛВ-моделей риска и процедуры И³-технологий. Приведены приложения И³-технологий для управления риском в разных областях. Описана И³-технология и ЛВ-модели риска для противодействия взяткам и коррупции. Показано, что без ученых, И³-технологий и общественного мнения невозможно эффективно решить трудные экономические проблемы России.

Введение

Решение многих экономических проблем встречает большие трудности. К таким проблемам относятся противодействие взяткам и коррупции, управление банковскими рисками, развитие малого и среднего бизнеса, управление риском и эффективностью функционирования и развития компаний, анализ риска и эффективности экономических процессов, прогнозирование состояния систем по данным мониторинга. Необходимы методики и технологии для решения трудных экономических проблем адекватным математическим аппаратом.

Анализ экономических проблем и методик их решения в условиях глобализации мирового рынка, кризиса и реформ приведен в работах крупных ученых. Так Е. В. Балацкий [1] отмечает, что наука подошла к своему естественному рубежу, за которым ничего конструктивного нет. Академик В. М. Полтерович [2] предлагает планы выхода России из экономического кризиса и ее развития в виде постепенных консервативных реформ. Академик А. И. Татаркин и чл.-корр. РАН Р. С. Гринберг [3] дают оценку социально-экономических последствий присоединения России к Всемирной торговой организации (ВТО) и излагают методики диагностирования экономической безопасности регионов России в случае присоединения. Лауреат Нобелевской премии Патрик Дж. Бьюкенен [4] рассматривает модели устойчивого развития государства на основе теории игр двух партнеров.

На основе выполненного анализа установлено, что в экономической науке отсутствуют

эффективные технологии и модели для управления риском и решения трудных проблем. С целью возможности моделирования идей и разработок, предложенных названными выше и другими учеными, и решения новых задач анализа и прогнозирования, для управления риском и эффективностью и решения трудных проблем в экономике предлагаются как инструменты информационные инновационные интеллектуальные технологии (***И³-технологии***) с логико-вероятностными моделями риска и базами знаний в виде систем логических уравнений.

И³-технологии вносят вклад в развитие теории и применения экономической науки, обеспечивают решение новых задач и получение новых результатов. Главное же, по-видимому, в том, что И³-технологии строят математическую (логическую) модель риска неуспеха решения трудной экономической проблемы, элементами которой являются субъекты (государство, бизнес, банки, ученые, общественное мнение), решающие проблему, и объекты — задачи проблемы.

И³-технологии с течением времени могут стать основой постановки и решения трудных проблем.

1. Постановка задачи

Далее рассматриваются логические и вероятностные модели риска неуспеха события, так как это акцентирует внимание на оценке, анализе, прогнозировании и управлении риском, а не на вероятности успеха.

Структурная модель события неуспеха решения трудной экономической проблемы представлена на рис. 1. Сценарий события неуспеха решения трудной проблемы (*difficulty problem*) *DP* формулируется так: неуспех решения проблемы *DP* происходит из-за неуспеха субъектов (*subjects*) *S* или из-за неуспеха объектов (задач, *tasks*) *T*.

Успех события *S* зависит от субъектов S_1, S_2, ..., S_n (государства, бизнеса, банков, разработчиков И³-технологий (ученых), общественного мнения). Успех события *T* зависит от объектов — решаемых задач T_1, T_2, ..., T_m. Итак, субъекты определяют, кто решает трудную проблему *DP*, а объекты — что решает проблема *DP*. Здесь *DP*, *S*, *T*, S_1, S_2, ..., S_n, T_1, T_2, ..., T_m — события неуспеха и соответствующие логические переменные.

Логические функции неуспеха событий:

$$DP = S \vee T; \quad (1)$$

$$S = S_1 \vee S_2 \vee ... \vee S_n; \quad (2)$$

$$T = T_1 \vee T_2 \vee ... \vee T_m. \quad (3)$$

Логические сценарии неуспеха (1–3) означают, что неуспех происходит, если происходит какое-либо одно событие или какие-либо два события, или ...все инициирующие события.

В-функции неуспеха событий для случая их независимости:

$$P\{DP=0\} = P\{S=0\} + P\{T=0\}(1 - P\{S=0\}); \quad (4)$$

$$P\{S=0\} = P\{S_1=0\} + P\{S_2=0\}(1 - P\{S_1=0\}) + P\{S_3=0\}(1 - P\{S_1=0\})(1 - P\{S_2=0\}) + ...; \quad (5)$$

$$P\{T=0\} = P\{T_1=0\} + P\{T_2=0\}(1 - P\{T_1=0\}) + P\{T_3=0\}(1 - P\{T_1=0\})(1 - P\{T_2=0\}) + ... \quad (6)$$

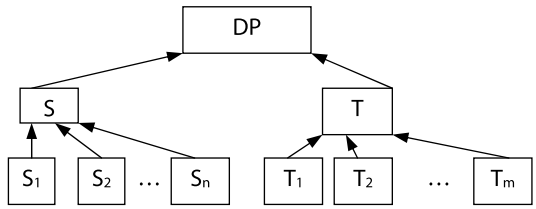


Рис. 1. *Структурная модель неуспеха решения трудной проблемы (стрелкой обозначена логическая операция ИЛИ)*

Каждая из задач объекта *T* не поддается простому решению из-за большой вычислительной сложности и громадного числа возможных комбинаций состояний системы. Для решения задач объектов *T* используются И³-технологии с логико-вероятностными (ЛВ) моделями риска и базами знаний (БЗ).

И³-технологии являются:

— ***информационными***, так как используются базы данных (БД) и автоматизированная обработка статистических данных;

— ***инновационными***, так как используются ЛВ-модели риска, что дает целый ряд преимуществ по точности, робастности и прозрачности оценки и анализа риска состояний системы;

— ***интеллектуальными***, так как используются БЗ в виде системы логических уравнений, что позволяет получать новые знания для управления системой по критериям риска и эффективности.

2. ЛВ-модель риска неуспеха субъектов *S*

Рассмотрим ЛВ-модель риска неуспеха субъектов *S* на примере проблемы *DP* — противодействие взяткам и коррупции. Она проста и компактна в математической записи. Сценарий для построения модели следующий. Риск неуспеха события *S* зависит от риска неуспеха ряда субъектов, а именно (рис. 1): Государства (S_1) ИЛИ Бизнеса (S_2) ИЛИ Служб экономических преступлений (S_3) ИЛИ Разработчиков И³-технологий (ученых) (S_4) ИЛИ Общественного

мнения (S_5). Здесь написанное прописными ИЛИ означает логическую операцию, а события неуспеха субъектов — логические переменные S_1, S_2, S_3, S_4, S_5.

Л-функция и В-функция риска неуспеха события S для случая $n = 5$ аналогичны выражениям (2) и (5). Если принять риски неуспеха субъектов S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 равными $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 0{,}5$ (нейтральная позиция), то риск неуспеха события S велик — 0,968. Если риски для субъектов равны, например, 0,2, тогда риск неуспеха события S равен 0,673.

Представим событие неуспеха субъекта S_j (государства, бизнеса, банков, разработчиков И³-технологий (ученых), общественного мнения) как сложное событие в виде Л-сложения событий «отсутствие желаний» W_j и «отсутствие возможностей» O_j, имеющих вероятности и рассматриваемых также как Л-переменные. Риски неуспеха решения проблемы, зависящие от отсутствия желаний и отсутствия возможностей у субъектов, естественно, разные. Некоторые субъекты могут вообще не желать решения проблемы. Так, в работе лауреата Нобелевской премии Дж. Бьюкенена рассматривается ситуация, когда государство считает выгодным сотрудничать с коррупцией [4]. Поэтому необходимы желания и возможности ученых и общественного мнения, чтобы бороться в интересах общества с непрофессиональным правительством и его сотрудничеством с коррупцией.

Например, для S_1 вводятся события S_{11} и S_{12} с Л-связью ИЛИ. Желание — это хотения и их мотивы. Возможности — это наличие ресурсов, технологий и методик для получения результата. В свою очередь, для событий S_{11}, S_{12} , S_{21}, S_{22}, S_{31}, S_{32}, S_{41}, S_{42}, S_{51}, S_{52} могут быть разработаны сценарии с Л-операциями И, ИЛИ, НЕТ. Оценим риск неуспеха решения проблемы DP для субъектов с их желаниями и возможностями.

Государство. Это аппарат президента, правительство, Государственная дума, Совет федерации. Желание W_1 решить проблему государство проявляет в многочисленных декларативных заявлениях своих руководителей и в создании разных комиссий. Возможности O_1 решить проблему ограничены, ибо государственные органы не имеют идей, не имеют знаний о моделировании риска и И³-технологиях. Статью о ЛВ-моделях риска взяток и коррупции не издавали в России в течение двух лет, а после публикации ее сразу же перепечатали в пяти журналах на английском языке. Это говорит о разном отношении к проблеме в России и других странах. Предложения по борьбе с взятками и коррупцией вместе со статьей направлялись в верхние эшелоны власти.

Чиновники всех уровней не заинтересованы в решении проблемы взяток и коррупции. Они составляют проекты и законы для решения проблемы и оставляют в них лазейки. Законы рождают только новый слой взяточников и не вводят технологии для решения проблемы. Следует «переформатировать» приоритеты государства и использовать, кроме оперативно-розыскных мероприятий и разработки законов, недорогие И³-технологии для выявления взяток и коррупции по статистическим данным. По экспертной оценке, риск неуспеха решить проблему взяток и коррупции, зависящий от государства S_1, равен 0,9.

Бизнес. Взятка касается двух объектов: взяткодателя и взяткополучателя, каждый из которых имеет свою выгоду. Взяткодатель решает свою проблему быстрее, качественнее, получает привилегии, обходит закон. Взяткополучатель имеет денежную или материальную выгоду (откат) и др. Желания бизнеса W_2 — делать деньги как можно больше, быстрее, любыми способами и выжить в конкурентной борьбе. Однако бизнес заинтересован в стабильных правилах игры, которые снижали бы риск разорения. Государство как регулятор должно следить за поведением бизнеса и удерживать его в цивилизованных границах. По экспертной оценке, риск неуспеха решить проблему эффективного противодействия взяткам и коррупции, зависящий от бизнеса S_2, равен 0,5.

Службы экономических преступлений не заинтересованы в эффективной борьбе с взятками и коррупцией. Их устраивает существующая система оперативно-розыскных мероприятий, дающая немалый доход. Обычно они знают, кто берет взятки и сколько, но уголовных дел почти не заводят. Это свидетельствует о том, что они тоже берут взятки. По экспертной оценке, риск неуспеха решить проблему противодействия взяткам и коррупции, зависящий от служб экономических преступлений S_3, равен 0,8.

Разработчики И³-технологий (ученые) создали ЛВ-модели риска мошенничеств чиновников и менеджеров, афер с инвестициями, построили модель риска взяток в учреждении, выдающем ресурсы и разрешения, и модель выявления взяток чиновников по анализу параметров обслуживания. Система выявления взяток и коррупции строится на основе И³-технологий. Риск неуспеха решить проблему противодействия взяткам и коррупции, зависящий от разработчиков И³-технологий S_4, равен

0, то есть проблема на методическом и аппаратном уровне практически решена.

Общественное мнение имеет желание W_5 решить проблему взяток и коррупции. Свои возможности O_5 оно осуществляет ИЛИ (логическое) через средства массовой информации (телевидение, газеты) ИЛИ через проведение митингов ИЛИ демонстраций и т. д. По нашей оценке, риск неуспеха решить проблему эффективного противодействия взяткам и коррупции, зависящий от общественного мнения S_5, равен 0,5.

Таким образом, риск неуспеха решить проблему противодействия взяткам и коррупции в целом равен 0,995. Без изменения политики государства и поведения бизнеса, привлечения И³-технологий, ученых и общественного мнения — актуальную для страны проблему не решить.

Успех решения проблемы возможен при разных стратегиях. Это или установление диктатуры времен И. Сталина, или существование влиятельного общественного мнения (демократии и сильной оппозиции), как в развитых западных странах, или введение смертной казни, как в Китае, или отрубание рук, как в мусульманских странах. И³-технологии предлагают прозрачные, гласные и контролируемые общественностью решения задач риска и коррупции.

Решение трудной проблемы *DP* зависит также от объектов *T*: противодействия взяткам и коррупции в учреждении T_1, мошенничествам чиновником T_2, взяткам при обслуживании T_3. ЛВ-модели риска этих задач будут рассмотрены позже.

3. Основные положения И³-технологий

И³-технологии управления риском и эффективностью в сложных системах используют следующие общие положения ЛВ-теории риска [5]:

— Экономические системы рассматриваются как структурно сложные со случайными событиями с Л-связями и переменными.

— Представление параметров конечными множествами значений, а их распределений дискретными рядами.

— Построение базы данных (БД) и базы знаний (БЗ) и систем логических (Л) и вероятностных (В) уравнений.

— Введение двух типов событий в статистических данных (появление состояний и неуспех состояний).

— Введение четырех типов ЛВ-моделей риска.

— Введение шести типов процедур для ЛВ-управления риском.

Таблица 1

Состояния системы и события-градации

Состояния	Y	Z_1	….	Z_j	…	Z_n
1	$Y^1_{r_y}$	$Z^1_{1r_1}$	…	$Z^1_{jr_j}$	…	$Z^1_{nr_n}$
…	…	…	…	…	…	…
I	$Y^i_{r_y}$	$Z^i_{1r_1}$	…	$Z^i_{jr_j}$	…	$Z^i_{nr_n}$
…	…	…	…	…	…	…
N	$Y^N_{r_y}$	$Z^N_{1r_1}$	…	$Z^N_{jr_j}$	…	$Z^N_{nr_n}$

— Экспертная оценка допустимых значений риска и эффективности.

Переход от табличной БД к БЗ. ЛВ-модели риска для объектов *T* строят по статистическим данным. Состояние или объект системы описывают параметры, которые могут быть количественными и качественными и иметь разную размерность. Случайные значения параметров преобразуют в конечные множества значений (событий-градаций), что позволяет ввести Л-переменные, связанные Л-операциями И, ИЛИ, НЕТ и циклами. Среди параметров выделяют параметр эффективности *Y* и параметры $Z_1, Z_2, ..., Z_n$, влияющие на него.

Статистические данные об объектах или состояниях системы представляются в виде табличной БД, в столбцах которой находятся значения параметров. Табличную БД представляют в виде новой таблицы объектов или состояний системы, в клетках которой находятся события-градации, и получают табличную БЗ (табл. 1).

События-градации для каждого параметра составляют группу несовместных событий. Каждое событие-градация имеет вероятности, определяющие появление и неуспех состояний системы. Эти вероятности и их средние значения связаны формулой Байеса. Влияющие параметры считают независимыми, так как в реальных задачах специалисты учитывают основные параметры и сводят их число к минимальному.

Система логических уравнений. Для событий неуспеха состояний системы по табличной БЗ записывают систему Л-уравнений, которая рассматривается как логическая БЗ. Система Л-уравнений неуспеха состояний системы преобразуется в систему В-уравнений неуспеха, которая используют для обучения В-модели риска с целью получения знаний о вероятностях событий-градаций и риске состояний системы.

Выпишем только систему Л-уравнений для неуспеха состояний в статистических данных:

$$\begin{cases} Z^1_{1r_1} \vee \cdots \vee Z^1_{jr_j} \vee \cdots \vee Z^1_{nr_n} = Y^1_{r_y}; \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ Z^i_{1r_1} \vee \cdots \vee Z^i_{jr_j} \vee \cdots \vee Z^i_{nr_n} = Y^i_{r_y}; \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ Z^N_{1r_1} \vee \cdots \vee Z^N_{jr_j} \vee \cdots \vee Z^N_{nr_n} = Y^N_{r_y}. \end{cases} \quad (7)$$

Систему В-уравнений для неуспеха состояний системы получают после ортогонализации (7):

$$\begin{cases} P^1_{1r_1} + P^1_{2r_2}(1 - P^1_{1r_1}) + P^1_{3r_3}(1 - P^1_{1r_1})(1 - P^1_{2r_2}) + \cdots = P\{Y^1_{r_y} = 0\}; \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ P^i_{1r_1} + P^i_{2r_2}(1 - P^i_{1r_1}) + P^i_{3r_3}(1 - P^i_{1r_1})(1 - P^i_{2r_2}) + \ldots = P\{Y^i_{r_y} = 0\}; \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ P^N_{1r_1} + P^N_{2r_2}(1 - P^N_{1r_1}) + P^N_{3r_3}(1 - P^N_{1r_1})(1 - P^N_{2r_2}) + \ldots = P\{Y^N_{r_y} = 0\}. \end{cases} \quad (8)$$

В системах (7) и (8) вместо Л-параметров Z и их вероятностей P подставлены логические события-градации Z^i_{jr} и их вероятности P_{jr}.

Здесь: i — индекс объектов или состояний системы ($i = 1, 2, \ldots, N$);

j — индекс инициирующих параметров Z ($j = 1, 2, \ldots, n$);

r — индекс событий-градаций для параметров ($r = 1, 2, \ldots, N_j$).

По системе В-уравнений (8) определяются вероятности событий-градаций решением задачи идентификации по статистическим данным с использованием алгоритмических итеративных методов. Далее можно вычислить риск каждого объекта в статистике и всех новых объектов. Выполняется анализ риска объекта, множества объектов и ЛВ-модели риска на основе вычисления соответствующих вкладов событий-градаций.

4. Классы ЛВ-моделей риска для И³-технологий

И³-технологии содержат следующие классы ЛВ-моделей риска:

1. ***ЛВ-моделирование.*** Статистические данные не используются. Вероятности событий задаются по экспериментальным или статистическим данным или экспертами. Вычисляется риск и эффективность одного события. Примеры: ЛВ-модели риска неуспеха решения трудной проблемы, падения курса евро, неизбрания президента, экономического кризиса страны, неуспеха менеджмента компании и др.

2. ***ЛВ-классификация.*** Используются статистические данные, рассматриваются события неуспеха состояний; эффективность состояний задана; вводятся системы Л- и В-уравнений. Вероятности неуспеха событий-градаций определяются решением задачи идентификации В-модели риска по статистическим данным. Примеры: ЛВ-модели риска кредитов, рейтингов банков, состояний системы и др.

3. ***ЛВ-эффективность.*** Эффективность состояний вычисляется, используются статистические данные, рассматриваются события появления состояний, вводятся системы Л- и В- уравнений. Вероятности появления событий-градаций вычисляются как частоты по статистике. Решается прямая задача риска. Пример: ЛВ-модель риска портфеля.

4. ***ЛВ-прогнозирование.*** Эффективность состояний задана по статистическим данным, рассматривают события появления и неуспеха состояний, вводят системы Л- и В-уравнений. Вероятности событий-градаций вычисляются как частоты появления по статистическим данным и как вероятности неуспеха. Решают прямые и обратные задачи риска. Примеры: ЛВ-модели риска товарооборота ресторана и магазина, взяток и коррупции, социально-экономических систем.

5. Процедуры для И³-технологий

Технология ЛВ-управления представлена следующими процедурами:

1. Построение ЛВ-модели системы.
2. Идентификация ЛВ-модели риска по статистическим данным.
3. ЛВ-анализ риска и эффективности системы.
4. ЛВ-управление риском и эффективностью системы.
5. ЛВ-прогнозирование риска и кризиса системы.
6. Разработка или адаптация ЛВ-программных средств.

Построение ЛВ-модели риска системы. Формулируют сценарий риска, строят структурную модель риска, записывают Л-модель риска, получают В-модель (полином) риска. ЛВ-модель риска можно всегда записать в виде совершенной дизъюнктивной нормальной формы (СДНФ), самой полной и громоздкой в записи и вычислениях. В частных случаях строят ЛВ-модели риска с ограниченным числом событий или в виде кратчайших путей функционирования, или используя сценарий риска. ЛВ-модель риска может быть комплексной с объединением отдельных моделей риска операциями И, ИЛИ, НЕТ и циклами. ЛВ-модель риска может быть динамической с изменяющимися вероятностями событий во времени или с использованием в качестве параметра самого времени.

Идентификация ЛВ-модели риска системы по статистическим данным заключается в определении допустимого риска и вероятностей неуспеха от событий-градаций и допустимого риска. В качестве критерия идентификации используют целочисленную функцию: число корректно распознаваемых хороших и плохих состояний системы должно быть максимально. Идентификация является обратной оптимизационной задачей, которую решают алгоритмическими итеративными методами случайного поиска или градиентов. При идентификации задают асимметрию распознавания хороших и плохих состояний. Предложенные методы обеспечивают получение решения при больших числах состояний (500 и более), параметров и градаций в параметрах и любой Л-сложности модели риска за приемлемое время.

ЛВ-анализ риска и эффективности системы выполняют на В-модели риска. Количественный анализ риска заключается в определении атрибутов риска или вкладов влияющих параметров и их градаций в риск и эффективность состояний системы и всей системы в целом. Предложены статистические и ЛВ-методы анализа. Статистический анализ является самым простым в вычислительном отношении. ЛВ-анализ обладает наибольшими возможностями для детального анализа риска и эффективности системы. Структурная значимость зависит от места элемента в граф-модели риска. В-значимость учитывает как место, так и значение вероятности для элемента системы. Опасные элементы и их комбинации выявляют по изменению риска системы при их исключении.

ЛВ-управление риском и эффективностью системы. В социально-экономических системах различают оперативное и стратегическое управление риском и эффективностью. Оперативное управление осуществляют по результатам анализа риска и эффективности в следующей последовательности: оценка вкладов событий-градаций и событий-параметров, выбор наиболее значимых вкладов, распределение ресурсов на изменение вероятностей наиболее значимых событий-градаций. Стратегическое управление развитием системы по критериям риска и эффективности заключается в управлении движением по выбранной траектории и коррекцией при отклонении от нее.

ЛВ-прогнозирование риска и кризиса системы. При прогнозировании по статистическим данным в пространстве состояний время как параметр со своими градациями используется наряду с другими параметрами для описания состояний системы. Строится дискретное распределение параметра эффективности (например, доходности портфеля, товарооборота магазина и т. д.). Могут рассматриваться как левый, так и правый «хвост» распределения параметра эффективности. Обычно левый «хвост» связывают с риском (потерями), а правый «хвост» с риском спада (*recession*) параметра эффективности. «Хвосты» соответственно задаются допустимым значением параметра эффективности Y_{ad} и значением Y_{re}, с которого наметился спад. Величина риска (*Risk*) равняется сумме ординат дискретного распределения в «хвосте». Вычисляются частоты событий-градаций в «хвосте» и вероятности событий-градаций, с которыми они приводят в «хвост».

ЛВ-прогнозирование по статистическим данным может быть следующих типов:

— ЛВ-прогнозирование риска и эффективности состояний системы, которых нет в статистических данных. Например, выполнив идентификацию ЛВ-модели кредитного риска по статистическим данным банка, прогнозируется риск и эффективность новых заявок на кредит.

— ЛВ-прогнозирование риска и эффективности состояний системы, которых нет в статистических данных, в классе моделей ЛВ-эффективность. Для этого переходят от модели ЛВ-эффективность к модели класса ЛВ-классификация.

— ЛВ-прогнозирование кризиса экономической системы по динамике изменения вкладов событий-градаций инициирующих событий-параметров в «хвосты» распределения параметра эффективности за установленный последний интервал времени (заданное число состояний). Следует строить также графики для изменения инициирующих параметров параметра и риска. Однако вклады как дифференциальные характеристики в большей мере объясняют наступление кризиса системы.

Разработка или адаптация ЛВ-программных средств. Для решения задач риска и эффективности используются компьютеры, так как идентификация ЛВ-моделей риска по статистическим данным, анализ риска и эффективности систем отличаются исключительно высокой вычислительной сложностью. Разработаны специальные программные средства для моделей классов ЛВ-моделирование, ЛВ-классификация и ЛВ-эффективность (авторы — Е. Соложенцев, В. Карасев, В. Алексеев, А. Ширяев). Актуальна задача создания дешевых программных средств

для студентов и ежедневной работы тысяч экономистов и менеджеров, позволившим бы им самим графически строить сценарии и модели риска.

6. Приложения ЛВ-управления риском и эффективностью

В экономике область приложений ЛВ-моделей риска практически неограничена. Достаточно представить систему как структурно сложную и иметь статистические данные. Темы исследований могут быть выбраны по аналогии с уже выполненными исследованиями (табл. 2). ЛВ-модели риска показали ряд преимуществ в точности и прозрачности оценки и анализа риска состояний и всей системы в целом.

Достоинства ЛВ-управления, например, кредитными рисками:

— в два раза большая точность в классификации кредитов;

— в семь раз большая устойчивость в классификации кредитов;

— абсолютная прозрачность в оценке и анализе риска кредитов;

Таблица 2

Приложения ЛВ-управления риском и эффективностью

Приложения	Апробации
Кредитные риски физических и юридических лиц	Опытные расчеты на данных 4-х банков. Лабораторные работы
Риск портфеля ценных бумаг	Опытная эксплуатация. Лабораторные работы
ЛВ-управление риском и эффективностью	Реальные исследования. Ресторан. Магазин
Риск неуспеха менеджмента компании	Реальные исследования. ЗАО «Транзас»
Риск взяток и коррупции	Модельные исследования. Взятки в учреждении, чиновников
Риск взяток при обслуживании	Реальные исследования. Взятки в детском саду
Управление риском развития	Реальные исследования технической системы
Прогнозирование кризиса (исчерпание ресурса) технической системы	Компрессорные станции магистральных газопроводов
Моделирование и анализ риска и эффективности социальных и экономических процессов	Исследования на реальных данных Газпрома. Лабораторные работы (студенты разработали 150 сценариев и ЛВ-моделей риска)

— решение новых задач анализа и управления риском.

Студенты 5-го курса специальностей «Информационные технологии в экономике» и «Экономическая кибернетика» при выполнении лабораторных работ в меру своей квалификации и фантазии составили и исследовали около 150 сценариев. Приведем названия некоторых ЛВ-сценариев, поскольку они могут встретиться в задачах многих трудных экономических проблем:

Риск неуспеха восстановления экономики РФ.

Риск неуспеха развития компании.

Риск неуспеха получения образования.

Риск падения курса евро.

Риск неуспеха функционирования компании.

Риск невалидности производственных процессов по ИСО 9001-2001.

Риск отказа системы обслуживания.

Риск сокращения штата компании.

Риск прекращения финансирования компании.

Риск неуспеха деятельности и выбора президента.

Риск снижения прибыли предприятия.

Риск мирового кризиса.

Риск политической нестабильности в стране.

Риск народных волнений в РФ.

Риск разорения ресторана.

Риск банкротства дизайн-студии.

Риск снижения эффективности деятельности организации.

Риск кризиса в РФ.

Риск неуспеха маркетинговой стратегии компании.

Риск падения цен на нефть.

Риск неуспеха решения трудной экономической проблемы.

Риск взяток и коррупции в учреждении.

Риск взяток чиновников.

Риск взяток при обслуживании.

Риск неуспеха развития малого и среднего бизнеса.

Риск неуспеха управления банковскими рисками и др.

7. ЛВ-модель риска взяток в учреждении (задача T_1)

Рассмотрим теперь решение задач объектов T с использованием И^3-технологий для проблемы противодействия взяткам и коррупции *DP*, рассмотренной ранее (рис. 1).

Учреждение принимает решения по неким проектам (делам граждан). Проектов много, о каждом известно, был он успешным ($Y = 1$) или неуспешным ($Y = 0$). Неуспех проектов объясняется необоснованной выдачей разрешения или ресурсов из-за взяток.

Элементами сценария риска взяток являются функциональные отделы Z_1, ..., Z_j, ..., Z_n, каждый из которых имеет N_1, ..., N_j, ..., N_n чиновников, принимающих решения. Отделы Z_1, ..., Z_j, ..., Z_n связаны Л-связями ИЛИ, И, НЕТ. Чиновник из Z_{j1}, ..., Z_{jr}, ..., Z_jN_j отдела j принимает решение по проекту, ставя визу на соответствующем документе. Число разных комбинаций взяток (чиновников) равно:

$$N_{\max} = N_1 N_2 \cdot \ldots \cdot N_j \cdot \ldots \cdot N_n. \qquad (9)$$

Рассмотрим ЛВ-модель вероятности взяток на примере условного учреждения (рис. 2), которое имеет пять функциональных отделов чиновников Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5. Чиновники из Z_1 и Z_2 проверяют бизнес-проекты, а чиновники из Z_3 и Z_4 принимают решения об объеме финансирования. Начальники из Z_5 «руководят» процессом. Клиент идет к одному из начальников, который за взятку направляет его к чиновникам из групп Z_1–Z_4, которые берут взятки.

Логическая функция вероятности взяток в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) содержит $N_{\max}$ логических слагаемых. В действительности Л-функция может быть записана проще, если учесть структуру отделов учреждения и их связи.

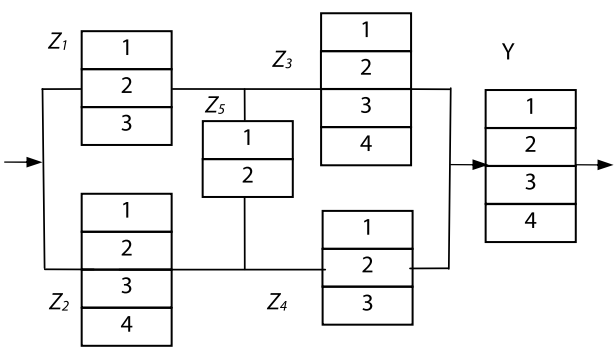


Рис. 2. *Структурная модель риска взяток в учреждении*

Для определенности примем, что структуру модели взяток определяет «мостик», приведенный на рис. 2. Здесь чиновники из Z_1 и Z_2 проверяют обеспечение кредитов, а чиновники из Z_3 и Z_4 принимают решения о размере и сроках кредита. Чиновники (начальники) из Z_5 «руководят» процессом. Клиент идет к одному из начальников, который за взятку направляет к чиновникам из групп Z_1–Z_4, которые берут взятки.

Л-модель риска взяток в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ) на основе кротчайших путей успешного функционирования [7] системы с взятками запишется так:

$$Y = Z_1 Z_3 \vee Z_2 Z_4 \vee Z_1 Z_5 Z_4 \vee Z_2 Z_5 Z_3. \qquad (10)$$

В-модель взяток, полученная после ортогонализации Л-функции (10), запишется так:

$$P = p2\,p4 + p1\,p3 + q1\,p2\,p3q4\,p5 + \\ + p1q2q3\,p4\,p5 - p1\,p2\,p3\,p4. \qquad (11)$$

Идентификация (обучение) ЛВ-модели взяток заключается в решении задачи оптимизации алгоритмическим итеративным методом с целью определения вероятностей P_{jr}, $j = 1$, ..., n; $r = 1$, ..., N_j (с которыми чиновники берут взятки) по статистике фактов взяток, установленных судом. Выдача кредитов оформлена документами, где зафиксированы визы чиновников и результат об успехе или неуспехе кредита.

Пример 1. Для идентификации В-модели взяток в банке использовалась статистика из 1000 кредитов, из которых 700 были хорошими и 300 плохими, т. е. средний риск взятки $P_{av} = 300/1000 = 0{,}3$. Пять признаков имеют от 4 до 11 градаций; всего 40 градаций. В результате идентификации ЛВ-модели риска взяток определены вероятности P_{jr} для всех чиновников и подсчитаны характеристики ЛВ-модели риска взяток. Значение целевой функции в результате идентификации $F_{max} = 720$ и допустимое значение риска $P_{ad} = 0{,}3094$. Результаты исследований приведены в табл. 3 и 4. Вероятности $P2_{jr}$ событий-градаций (частоты в статистике) составляют в ГНС в сумме 1. Вероятности взяток у чиновников P_{jr} отличаются более чем в 10 раз. Наибольшие средние вероятности P_{jm} имеют группы чиновников 1 и 4. Эти же группы вносят наибольшие вклады в средний риск P_m. Вероятности взяток групп P_{jm} отличаются в два раза.

8. ЛВ-модель риска мошенничеств чиновников (задача T_2)

Взятки — это преступление, не выставляемое напоказ. Не возникает вопроса о наличии преступления при ограблении банка, когда свидетелями являются служащие и клиенты. Взятки же отличаются от других видов преступлений сложностью выявления самого факта их совершения. Однако взятки носят массовый характер, и по ним имеется достаточно много данных в судебных и контролирующих органах.

Для каждого типа взяток можно выделить признаки, ассоциирующиеся с подобным

Таблица 3

Средние вероятности взяток для групп чиновников

Группы, j	Вероятности, P_{jm}	Вероятности, $P2_{jm}$	Число чиновников, N_j
1	0,478113	0,25	4
2	0,348310	0,1	10
3	0,298833	0,2	5
4	0,388857	0,0909	11
5	0,291868	0,1	10

Таблица 4

Вероятности взяток чиновников

Номера градаций	Вероятности, P_{1r}	Частоты, $P2_{1r}$
Группа Z_1		
1	1,0	0,274
2	0,596084	0,269
3	0,248278	0,063
4	0,070927	0,394
Группа Z_2		
1	0,0	0,0
2	0,687703	0,014
3	0,227359	0,002
4	1,0	0,054
5	0,510577	0,017
6	0,704722	0,086
7	0,570149	0,057
8	0,448856	0,224
9	0,434821	0,187
10	0,001675	0,359

преступлением. Каждый из признаков имеет как минимум две градации. В-модель взяток может быть идентифицирована по статистическим данным.

Расследование взятки нужно проводить, когда с большой вероятностью можно полагать, что она имела место. Серьезность подозрения во взятке оценивают количественно по вероятности взятки. О взятках чиновника свидетельствуют следующие признаки:

— продолжительность работы в учреждении или компании;

— приобретение дома, квартиры, дачи, машины и т. п. по стоимости, не соответствующей уровню заработной платы;

— наличие долгов и финансовые запросы;

— пристрастие к азартным играм;

— выходящий за привычные рамки образ жизни;

— необычное поведение и наличие жалоб;

— неясное или уголовное прошлое;

— отсутствие независимых проверок;

— пренебрежение существующими правилами.

Элементами ЛВ-модели риска взяток являются названные выше признаки Z_1, ..., Z_j, ..., Z_n, каждый из которых имеет несколько градаций. Градации для j-признака Z_{j1}, ..., Z_{jr}, ..., Z_jN_j составляют ГНС. Сценарий риска взяток чиновника описывается так: взятка имеет место, если имеет место любое одно событие-признак, или любые два события-признака, ... или все события-признаки.

Л-модель риска взяток в дизъюнктивной нормальной форме:

$$Y = Z_1 \vee z_2 \vee ... \vee z_j \vee ... \vee z_n \qquad (12)$$

Л-функция риска взяток после ортогонализации (12):

$$Y = Z_1 \vee Z_2\overline{Z_1} \vee Z_3\overline{Z_2}\,\overline{Z_1} \vee .... \qquad (13)$$

В-функция (модель, полином) риска взяток, записанная по (13):

$$P = p1 + p2q1 + p3q1q2 + ... \ . \qquad (14)$$

Идентификация ЛВ-модели риска взяток заключается в вычислении вероятностей P_{jr}, $j = 1, 2, ..., n$; $r = 1, 2, ..., N_j$ (с которыми чиновники берут взятки) по статистике судебных дел, рассмотренных судом. Арифметика В-модели риска взяток такова, что риск находится в пределах {0, 1} при любых значениях вероятностей инициирующих событий. Для каждого события-градации в ГНС используются вероятности: $P2_{jr}$ и P_{jr}.

Пример 2. Фактических данных о взятках, установленных судом, у автора не было. В качестве статистических данных использовались модельные данные. Из 1000 подозреваемых во взятках, на которых возбуждены уголовные дела, были осуждены только 300, а 700 признаны невиновными. Средний риск взяток $P_{av} = 300/1000 = 0{,}3$. Подозреваемые описывались n=20 признаками, которые имели в сумме 94 градации. Идентификация В-модели взяток (14) заключается в определении вероятностей P_{jr}, $r = 1, 2, ..., N_j$; $j = 1, 2, ..., n$ событий-градаций. На шаге оптимизации вычисляют риск взяток для каждого подозреваемого, сравнивают с допустимым риском P_{ad}.

Целевая функция формулировалась так: число корректно классифицируемых подозреваемых должно быть максимальным. Вклады событий-градаций в точность ЛВ-модели риска

взяток рассмотрим на примере событий-градаций (табл. 5) признаков Z_2 и Z_{13} для идентифицированной ЛВ-модели риска взяток $F_{max} = 826$. В таблице приведены частоты градаций для всех $P2_{jr}$, плохих $P20_{jr}$ и хороших $P21_{jr}$ подозреваемых; вероятности событий-градаций P_{jr}; ошибки распознавания по градациям для всех E_{jr}, плохих $E0_{jr}$ и хороших $E1_{jr}$ объектов. Вклады событий-признаков в вероятность взятки пропорциональны вероятностям P_j, $j = 1, 2, ..., n$, равным вероятностям событий-градаций P_{jr}. Вероятности P_{jr} событий-градаций признаков различаются более чем в 10 раз. Ошибки событий-градаций E_{jr} в классификации взяток отличаются почти в 5 раз. Наибольший вклад в точность распознавания вносят признаки Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_6, Z_3, Z_{13}. Нулевой вклад вносят признаки Z_{11}, Z_{12}, Z_{17}, Z_{18}, Z_{19}. Исключение признаков 11, 12, 17 и 18 уменьшает число распознаваемых подозреваемых всего на 4. Выполнен ЛВ-анализ риска взяток с определением для каждого j-признака (табл. 6): средних значений вероятностей P_{jm}, а также уменьшения числа распознаваемых хороших и плохих подозреваемых ΔF_j при исключении этого признака из модели риска. ЛВ-модель риска взяток после такого изменения переобучалась. Точность ЛВ-модели риска взяток изменяется при изменении числа градаций в признаке. Выполнены исследования для признака Z_2, который в исходном варианте имеет 10 градаций.

После переобучения модели взяток получены результаты: при отсутствии признака $F_{max} = 800$; при двух градациях в признаке $F_{max} = 808$; при четырех градациях $F_{max} = 812$; при десяти градациях $F_{max} = 824$; при ста градациях $F_{max} = 828$.

9. ЛВ-модель риска взяток при обслуживании (задача T_3)

Риск взяток может быть вычислен по статистическим данным по параметру обслуживания, например, времени решения чиновником (учреждением) проблемы клиента от поступления заявки до принятия решения.

Параметр обслуживания может иметь непрерывные или дискретные значения. В обоих случаях с целью использования аппарата ЛВ-исчисления строят дискретное распределение на выбранных интервалах разбиения значений параметра. Каждому интервалу со средним значением параметра на нем присваивается номер градации. Градации составляют ГНС. Вероятности событий-градаций определяются по формуле

$$P_j = N_j / N, \qquad (15)$$

Таблица 5

Вероятности и ошибки распознавания для градаций признаков подозреваемых

$P2_{jr}$	$P20_{jr}$	$P21_{jr}$	P_{jr}	E_{jr}	$E1_{jr}$	$E0_{jr}$
Параметр Z_2						
0,014	0,007	0,007	0,019	0,214	0,429	0,0
0,002	0,001	0,001	0,014	0,500	1,0	0,0
0,054	0,032	0,022	0,038	0,278	0,682	0,0
0,017	0,005	0,012	0,031	0,412	0,5	0,2
0,086	0,038	0,048	0,028	0,256	0,417	0,053
0,057	0,019	0,038	0,019	0,228	0,289	0,105
0,224	0,066	0,158	0,013	0,169	0,196	0,106
0,167	0,056	0,131	0,010	0,203	0,183	0,250
0,359	0,076	0,283	0,003	0,114	0,081	0,237
Параметр Z_{13}						
0,0190	0,080	0,110	0,027	0,237	0,345	0,087
0,511	0,142	0,369	0,021	0,186	0,201	0,148
0,248	0,065	0,183	0,008	0,113	0,082	0,200
0,028	0,007	0,021	0,032	0,178	0,238	0,0
0,023	0,006	0,017	0,004	0,217	0,117	0,5

Таблица 6

Вклады признаков в точность модели взяток

Признаки, j	Число градаций, N_j	P_{jm}	F_j
1	4	0,020226	-64
2	10	0,012359	-27
3	5	0,009327	-18
4	11	0,020927	-26
5	10	0,017593	-20
6	5	0,022466	-20
7	5	0,018549	-6
8	4	0,017736	-6
9	4	0,014253	-10
10	3	0,018295	-10
11	4	0,018974	0
12	4	0,017166	0
13	5	0,018900	-16
14	3	0,014733	-2
15	3	0,017591	-8
16	4	0,021975	-2
17	4	0,018739	0
18	2	0,017417	0
19	2	0,018138	0
20	2	0,018326	-2

где N_j — число параметра в статистике с данной градацией, N — размер статистики.

Параметр обслуживания Y имеет допустимое значение Y_{ad}. Вероятность $P\{Y < Y_{ad}\}$ назовем

Таблица 7

Зависимость между параметрами риска N_j, P_j, Y_{ad}, N_{ad} и *Risk*

Интервал ожидания приема, дней	Число принятых в интервале, N_j	Вероятность принятия в интервале, P_j	Допустимое значение параметра, Y_{ad}	Число принятых с взяткой, N_{ad}	Риск взятки, *Risk*
2	3	4	5	6	7
1–15	14	0,28	15	14	0,28
16–30	8	0,16	30	22	0,44
31–45	9	0,18	45	31	0,62
46–60	3	0,06	60	34	0,68
61–75	6	0,12	75	40	0,8

риском взятки. Сценарий взятки формулируется так: если параметр обслуживания меньше допустимого значения, то имеется подозрение на взятку.

Таким образом, для параметра обслуживания при заданном риске могут быть вычислены: допустимое значение Y_{ad}, число значений параметра в «хвосте» распределения N_{ad} и энтропия вероятностей параметра в «хвосте» распределения H_{ad}.

Пример 3. Анализ риска взяток в детском саду. Для приема в детский сад предъявляются следующие документы:

— Заявление от родителей о приеме в детский сад.

— Свидетельство о рождении ребенка.

— Паспорт одного из родителей.

— Документ, подтверждающий льготу (*benefit*).

— Медицинская карта.

Имелись статистические данные по приему детей в детский сад. Всего было принято 50 детей с временем ожидания в очереди от 1 дня до 400 дней. По статистическим данным построена гистограмма распределения для параметра обслуживания Y — времени ожидания. Используется информация о документе, подтверждающем льготу.

Оценены следующие параметры статистики приема детей:

— $Y_{\min} = 1$, $Y_{\max} = 400$ — минимальное и максимальное время ожидания;

— $Y_{\text{av}} = 60{,}2$ — среднее время ожидания (*average*);

— $\sigma = 9{,}9$ — среднее-квадратическое отклонение;

— $N^{ben} = 7$ — число принятых в садик детей с льготой (benefit);

— $Y_{\min}{}^{ben} = 21$, $Y_{max}{}^{ben} = 156$ — минимальное и максимальное время ожидания с льготой;

— $Y_{av}{}^{ben} = 62$ — среднее время ожидания детей с льготой.

Рассматриваемый период {1, 400} разбит на интервалы по 15 дней (столбец 2 в табл. 7) и подсчитано число дней N_j, $j = 1, 2, 3, ...$попавших в интервалы (столб. 3). Вероятность попадания в интервал (столб. 4) вычисляют по (15).

Сумма вероятностей по первым пяти интервалам уже близка к 1. Для дискретного распределения параметра обслуживания Y может быть выбран закон Вейбулла

$$f(x,\alpha,\beta) = \frac{\alpha}{\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^{\alpha}} \qquad (16)$$

с параметрами $\alpha = 1{,}118$; $\beta = 2{,}988$. Этот закон (рис. 3) используют в задачах надежности с большей интенсивностью отказов в начале распределения.

Интервал времени ожидания приема детей с льготой {21, 156} находится не в начале интервала {1, 400}, а существенно смещен вправо именно из-за взяток: некоторых детей принимали в садик за взятку за меньшее время за счет мест детей с льготами.

Обозначим допустимое значение параметра обслуживания Y_{ad} (столбец 6 табл. 7) и будем считать, что если для параметра обслуживания

$$Y < Y_{ad}, \qquad (17)$$

то дети принимались в детский сад за взятку.

Число детей, принятых за взятку N_{ad}, подсчитывается суммированием при выполнении условия (17) (столб. 6). Риск взятки (подозрения на взятку) равен (столб. 7).

$$Risk = N_{ad} / N. \qquad (18)$$

Введем в ЛВ-модель риска взяток следующие параметры, описывающие прием ребенка в детский сад: параметр обслуживания Y, параметр Z_1 — наличие справки о льготе (две градации) и параметр Z_2 — лицо в администрации, ставящее визу на заявлении родителя (три градации: директор детского сада, зам. директора, начальник директора. Используем для параметра обслуживания Y в соответствии с (17) всего две градации (0 — обслуживание с взяткой, 1 — обслуживание

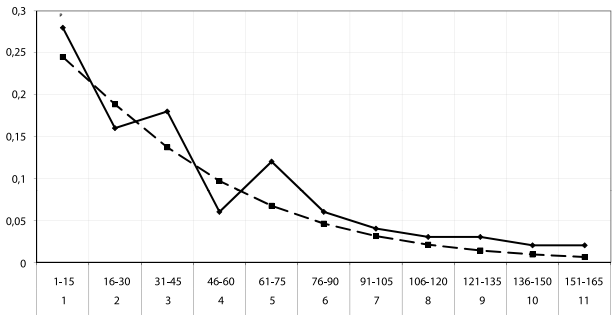


Рис. 3. *Распределение параметра обслуживания при приеме в детский сад (———— — реальные данные; — — — модельные данные)*

без взятки) и перейдем к уже знакомой нам модели риска в классификации. Тогда, при заданном значении параметра эффективности Y_{ad}, можно определить, кто из администрации с какой вероятностью берет взятки.

Заключение

Основные результаты настоящей работы следующие:

Поставлена проблема управления риском неуспеха решения трудных экономических проблем, в которой решающие проблему субъекты (государство, бизнес, банки, ученые, общественное мнение) и объекты (решаемые задачи) логически связаны как события. Показано, что без ученых, И³-технологий и общественного мнения невозможно эффективно решить многие трудные экономические проблемы России.

2. Изложены основные положения интеллектуальных инновационных информационных технологий (И³-технологий) с ЛВ-моделями риска и базами знаний для управления риском и эффективностью и решения трудных задач в экономике. Описаны классы ЛВ-моделей риска и процедуры для И3-технологий.

3. Рассмотрена ЛВ-модель риска неуспеха решения проблемы противодействия взяткам и коррупции. Описаны И³-технологии и ЛВ-модели риска для выявления по статистическим данным взяток и коррупции в учреждении, мошенничеств чиновников, взяток при обслуживании. И³-технологии рекомендуются для департаментов экономических преступлений городов, служб внутреннего контроля и безопасности банков и компаний и для разработки нормативов и законов на параметры обслуживания.

4. Примеры применения И³-технологий для управления риском в разных областях экономики показали их высокую эффективность.

5. И³-технологии с течением времени могут стать парадигмой (признанным направлением) управления риском и эффективностью и решения трудных проблем в экономике и легко узнаваемым брэндом.

6. Представляется целесообразным создавать научные центры и наукограды не только для разработки нанотехнологий и наноматериалов, но и для решения всегда существовавших проблем управления риском и эффективностью тысяч объектов и систем в экономике. Ожидаемый экономический эффект будет не меньше.

Список литературы

1. *Балацкий Е. Б.* Мировая экономическая наука на современном этапе. Кризис или прорыв? // Науковедение. 2001. № 2.

2. *Полтерович В. М.* Элементы теории реформ. М. : Экономика, 2007.

3. *Гринберг Р. С., Татаркин А. И.* Оценка социально-экономических последствий присоединения России к ВТО. М. : Экономика, 2007, 534 с.

4. *Бьюкенен П. Дж.* Смерть Запада // Бьюкенен П. Дж. Избранные труды. М. : Альфа пресс, 1997.

5. *Соложенцев Е. Д.* Управление риском и эффективностью в экономике. Логико-вероятностный подход. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2009. 270 с.

6. *Solojentsev E. D.* Scenario Logic and Probabilistic Management of Risk in Business and Engineering. Springer : Second edition. 2008. 480 p.

7. *Рябинин И. А.* Надежность и безопасность структурно-сложных систем : 2-е изд. СПб. : Изд-во С-Петерб. ун-та, 2007. 276 с.