

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

DOI: 10.24143/2072-9502-2021-2-75-88
УДК 004.942

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

И. О. Бондарева, С. М. Сидагалиева, Е. Т. Нестерова

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Большинство бизнес-процессов предприятий транспортной логистики представляют собой цепочку четко регламентированных действий, невыполнение или нарушение сроков по реализации одного из которых влечет невыполнение всего процесса. Управление рисками – одна из ключевых задач, требующих разработки инструментария моделирования и предотвращения нежелательных ситуаций. Представлена структурная модель риска недостижения стратегической цели предприятия транспортной логистики на примере грузового портового комплекса, дополненная несколькими уровнями рассмотрения. Построено дерево целей предприятия транспортной логистики. В качестве рисков ситуации или риска рассматривается недостижение той или иной цели. Каждой цели противопоставлен набор факторов оценки ее реализации, приведены формулы расчета используемых показателей. Разработана модель сценариев всех существующих значимых рисков. Предложены многоуровневая гибридная логико-вероятностная модель, каскадная логико-вероятностная модель и многоуровневая каскадная гибридная логико-вероятностная модель риска недостижения основной стратегической цели порта. Основная идея заключается в необходимости связать воедино технологию формализации рисков с использованием построенных логико-вероятностных моделей и имитационного моделирования, интерпретация результатов которого возможна с использованием логических и вероятностных моделей и сценариев. Предложенные модели позволяют провести комплексный анализ риска недостижения стратегической цели предприятия транспортной логистики на основе сценарной формализации рисков различных уровней управления, а также упростить процесс интерпретации результатов имитационного моделирования с учетом внешних факторов воздействия. Комплексное использование всех этих моделей является основанием для выработки своевременных обоснованных управленческих решений. Особое внимание уделено описанию технологии построения логических, вероятностных и сценарных моделей различных видов.

Ключевые слова: управление, сценарий риска, транспортная логистика, модель риска, логическая модель, вероятностная модель, имитационное моделирование, гибридная логико-вероятностная модель.

Для цитирования: *Бондарева И. О., Сидагалиева С. М., Нестерова Е. Т.* Математическое моделирование управления рисками в транспортной логистике // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 2. С. 75–88. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-2-75-88.

Введение

Современный рынок транспортной логистики представляет собой конкурентную среду, эффективное управление которой требует внедрения новых цифровых инструментов и методов, основанных на использовании передовых информационно-коммуникационных технологий, которые базируются на наукоемкой составляющей и позволяют осуществлять поддержку принятия обоснованных управленческих решений [1–3]. Именно поэтому в качестве главного ориентира необ-

ходимо рассматривать возможность анализа и оценки рисков событий и ситуаций, возникающих в процессе функционирования предприятий транспортной логистики, с целью предсказания и оценки вероятности наступления нежелательных событий, а также их предотвращения [4].

С точки зрения управления наибольший интерес представляет комплексный многоуровневый анализ рисков недостижения целей, поставленных предприятием, в том числе основной стратегической цели компании [5]. Комплексность анализа заключается в рассмотрении деятельности организации не только с точки зрения экономической эффективности, но и с точки зрения интересов и особенностей всех вовлекаемых в данный процесс сторон.

Целью работы является поиск путей повышения эффективности работы предприятий транспортной логистики на основе разработки инструментария комплексного анализа рисков путем интеграции различных видов моделирования.

Логико-вероятностная модель процесса управления рисками недостижения стратегической цели

Процесс формирования дерева целей предприятия транспортной логистики, включающего факторы оценки их достижения, позволяет сформулировать взаимозависимость рисков предприятия транспортной логистики, рассматриваемых как недостижение целей (рис. 1).

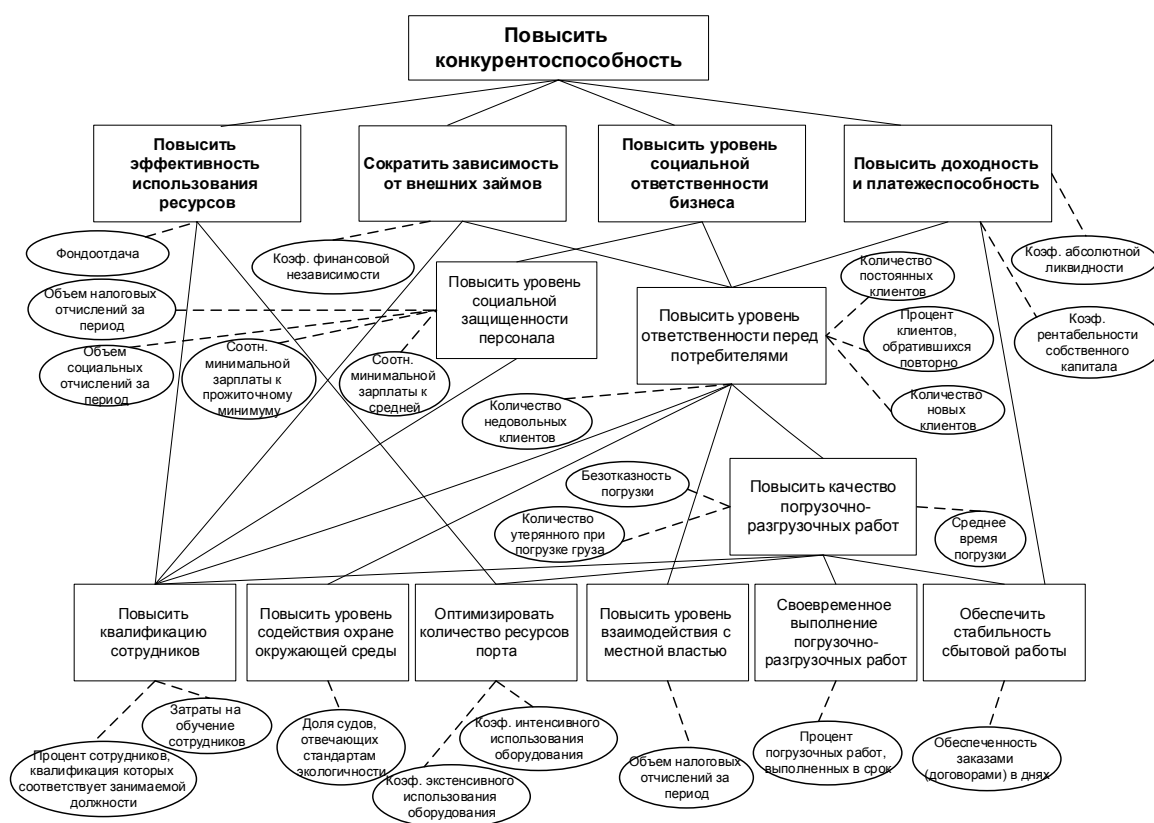


Рис. 1. Дерево целей предприятия транспортной логистики с факторами оценки их достижения

Созданное авторами дерево целей позволило выделить наиболее значимые цели, степень влияния которых на основную стратегическую цель «Повысить конкурентоспособность» является наибольшей.

Рассмотрим процесс моделирования риска неуспеха решения сложной проблемы «Повысить конкурентоспособность».

В работах А. О. Недосекина [6], Н. А. Вяцковой [7], К. В. Балдина [8], Е. В. Орловой [9] предлагаются различные механизмы оценки и выявления рисков в финансовом аспекте, что не позволяет реализовать необходимость комплексного и многостороннего их анализа. В работах Е. Д. Соложенцева [10–14] рассмотрены вопросы управления рисками структурно-сложных

систем и процессов с использованием логико-вероятностного моделирования. В работах [15, 16] О. В. Григорьев, Э. А. Латыпова рассматривают каждый риск в отдельности и не упоминают об их взаимозависимости.

Для решения задачи комплексного анализа и управления рисками выбран логико-вероятностный (ЛВ) подход. Логико-вероятностная модель (ЛВ-модель) представляет собой комплекс логической модели (Л-модели) и вероятностной модели (В-модели), включающих соответствующие функции. Рассмотрим последовательные этапы их формирования.

Неуспех достижения стратегической цели SG_{csp} ¹ зависит от субъектов S_{csp} ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_5$) и объектов – целей G_{csp} (GN_1, GN_2, \dots, GN_4)², детализирующих основную цель – сложную проблему. Таким образом, осуществляется более детализированная работа с деревом целей предприятия транспортной логистики для построения ЛВ-модели риска недостижения основной стратегической цели. Субъекты определяют, кто решает поставленную проблему, а объекты – какие более мелкие цели связаны с проблемой SG [14]. С точки зрения осуществления управленческой функции предприятия транспортной логистики и на основе наличия той или иной степени вовлеченности, а также заинтересованности в решении обозначенной проблемы выделим следующие субъекты: S_1 – руководство предприятия, S_2 – клиенты предприятия, S_3 – органы местного самоуправления, S_4 – население, не являющееся клиентами предприятия, S_5 – сотрудники предприятия. События неуспеха субъектов представляются как логические сложения событий «отсутствие желания» W_j и «отсутствие возможностей» O_j .

Объектами-целями являются компоненты G_{csp} : GN_1 – «сократить зависимости от внешних займов», GN_2 – «повысить эффективность использования ресурсов», GN_3 – «повысить уровень социальной ответственности бизнеса», GN_4 – «повысить доходность и платежеспособность».

SG_{csp} , S_{csp} и G_{csp} представляют собой события, $S_1, S_2, \dots, S_5, GN_1, GN_2, \dots, GN_4$ – соответствующие им логические переменные, EF_1, EF_2 и EF_3 – внешние случайные факторы влияния. Для функционирования предприятия транспортной логистики, а именно грузового порта, это в первую очередь метеорологические факторы: ледостав, скорость ветра выше 15 м/с и наличие тумана соответственно. В модели риска неуспеха решения данной сложной проблемы сценарий события неуспеха проблемы SG_{csp} формулируется следующим образом: неуспех события SG_{csp} происходит из-за неуспеха событий S_{csp} И (логическое) событий G_{csp} И (логическое) событий EF_{csp} .

Представленная на рис. 2 гибридная ЛВ-модель риска объединяет сценарии риска для субъектов и объектов.

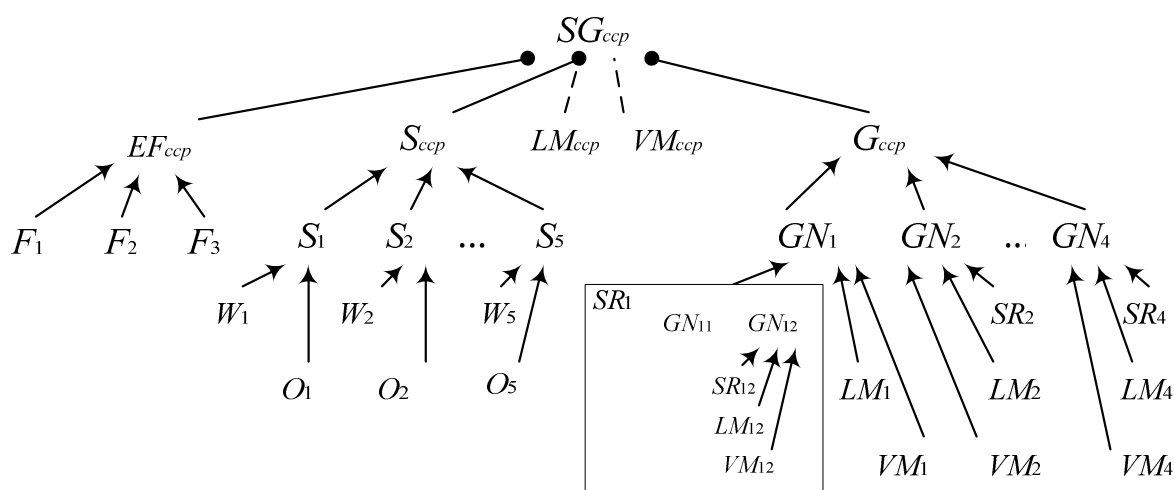


Рис. 2. Многоуровневая гибридная ЛВ-модель риска недостижения стратегической цели грузового портового комплекса SG_{csp} предприятия транспортной логистики (детализация сценария SR_1)

¹ *Csp* – complex of cargo port – грузовой портовый комплекс.

² *GN* – goal, needed – необходимая к достижению цель.

Увеличение риска недостижения основной стратегической цели транспортно-логистического предприятия происходит из-за недостижения любой одной цели, ИЛИ из-за недостижения любых двух целей, ..., ИЛИ из-за недостижения всех целей [17].

В данном случае логические функции (Л-модель) неуспеха событий принимают вид (LM_{ccp})

$$SG_{ccp} = S_{ccp} \wedge G_{ccp} \wedge EF_{ccp}; S_{ccp} = S_1 \vee S_2 \vee \dots \vee S_5; G_{ccp} = GN_1 \vee GN_2 \vee \dots \vee GN_4; \\ EF_{ccp} = EF_1 \vee EF_2 \vee EF_3.$$

Выразим вероятностные функции (В-модель) неуспеха событий (VM_{ccp}):

$$P\{SG_{ccp} = 0\} = P\{S_{ccp} = 0\} + P\{G_{ccp} = 0\}(1 - P\{S_{ccp} = 0\}) + P\{EF_{ccp} = 0\} \times \\ \times (1 - P\{S_{ccp} = 0\})(1 - P\{G_{ccp} = 0\});$$

$$P\{S_{ccp} = 0\} = P\{S_1 = 0\} + P\{S_2 = 0\}(1 - P\{S_1 = 0\}) + P\{S_3 = 0\}(1 - P\{S_1 = 0\})(1 - P\{S_2 = 0\}) + \\ + P\{S_4 = 0\}(1 - P\{S_1 = 0\})(1 - P\{S_2 = 0\})(1 - P\{S_3 = 0\}) + P\{S_5 = 0\}(1 - P\{S_1 = 0\}) \times \\ \times (1 - P\{S_2 = 0\})(1 - P\{S_3 = 0\})(1 - P\{S_4 = 0\});$$

$$P\{G_{ccp} = 0\} = P\{GN_1 = 0\} + P\{GN_2 = 0\}(1 - P\{GN_1 = 0\}) + P\{GN_3 = 0\}(1 - P\{GN_1 = 0\}) \times \\ \times (1 - P\{GN_2 = 0\}) + P\{GN_4 = 0\}(1 - P\{GN_1 = 0\})(1 - P\{GN_2 = 0\})(1 - P\{GN_3 = 0\});$$

$$P\{EF_{ccp} = 0\} = P\{EF_1 = 0\} + P\{EF_2 = 0\}(1 - P\{EF_1 = 0\}) + P\{EF_3 = 0\} \times \\ \times (1 - P\{EF_1 = 0\})(1 - P\{EF_2 = 0\}).$$

Целям GN_1, GN_2, \dots, GN_4 соответствуют ЛВ-модели риска. Согласно концепции применения гибридных ЛВ-моделей риска для каждой i -й цели (GN_i) необходимо последовательно построить сценарий риска (SR_i), Л-модель (LM_i) и В-модель (VM_i).

Представленные выше логическая и вероятностная модели описывают риск на самом верхнем уровне, риск недостижения стратегической цели предприятия, а описание и детализация субъектов и объектов-целей по сути представляет собой сценарий на *верхнем уровне*. Таким образом, налицо многоуровневая ЛВ-модель.

В качестве сценариев рисков недостижения целей GN_1, GN_2, \dots, GN_4 предлагается использовать элементы построенного и описанного выше дерева целей предприятия транспортной логистики для четкого понимания причинно-следственных связей. Для более детальной проработки вопроса анализа рисков транспортно-логистического предприятия используется многоуровневая структурная модель, каждый новый уровень которой повышает степень детализации.

Например, для цели GN_1 («сократить зависимость от внешних займов») детализирующими целями следующего уровня являются «повысить квалификацию сотрудников» и «повысить уровень ответственности перед потребителями». Они обозначены логическими переменными GN_{11} и GN_{12} соответственно. Исходя из этого детализирован сценарий SR_1 .

Аналогичные рассуждения применим к оставшимся целям. Для цели GN_2 детализирующими целями *следующего (третьего) уровня* являются описанная ранее GN_{11} и GN_{21} – «оптимизировать количество ресурсов предприятия»; для GN_3 – GN_{12} , представленная выше в описании цели GN_1 , и GN_{31} – «повысить уровень социальной защищенности персонала». И, наконец, цель GN_4 детализируют GN_{12} и GN_{41} – «обеспечить стабильность сбытовой работы». Таким образом, на основе полученных сценариев можно сформулировать логические функции (Л-модели) неуспеха событий *второго уровня*, т. е. недостижения целей GN_1, GN_2, \dots, GN_4 (LM_1, LM_2, \dots, LM_4 соответственно):

$$GN_1 = GN_{11} \vee GN_{12}; GN_2 = GN_{11} \vee GN_{21}; GN_3 = GN_{12} \vee GN_{31}; GN_4 = GN_{12} \vee GN_{41}.$$

Выразим вероятностные функции (В-модели) неуспеха тех же событий (VM_1, VM_2, \dots, VM_4 соответственно):

$$P\{GN_1 = 0\} = P\{GN_{11} = 0\} + P\{GN_{12} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\});$$

$$P\{GN_2 = 0\} = P\{GN_{11} = 0\} + P\{GN_{21} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\});$$

$$P\{GN_3 = 0\} = P\{GN_{12} = 0\} + P\{GN_{31} = 0\}(1 - P\{GN_{12} = 0\});$$

$$P\{GN_4 = 0\} = P\{GN_{12} = 0\} + P\{GN_{41} = 0\}(1 - P\{GN_{12} = 0\}).$$

На основе полученных выражений конкретизируем и расширим вероятностную функцию недостижения стратегической цели предприятия транспортной логистики, введя в нее цели третьего уровня. После упрощения и приведения подобных по $P\{GN_{12} = 0\}$ получаем следующее выражение:

$$\begin{aligned} P\{G_{cep} = 0\} = & P\{GN_{11} = 0\} - (P\{GN_{11} = 0\} - 1)[P\{GN_{12} = 0\} + (P\{GN_{12} = 0\} - 1) \times \\ & \times [P\{GN_{11} = 0\}(P\{GN_{11} = 0\} - 1)[P\{GN_{21} = 0\} + P\{GN_{31} = 0\} - (P\{GN_{31} = 0\} - 1) \times \\ & \times P\{GN_{12} = 0\}] + (P\{GN_{22} = 0\} - 1)(P\{GN_{31} = 0\} - 1)(P\{GN_{41} = 0\} - \\ & - (P\{GN_{41} = 0\} - 1)P\{GN_{12} = 0\}]]. \end{aligned}$$

Третий уровень целеполагания представляет декомпозиция цели GN_{12} на следующие: GN_{11} , GN_{121} («повысить уровень содействия охране окружающей среды»), GN_{122} («повысить уровень взаимодействия с местной властью»), GN_{123} («повысить качество погрузочно-разгрузочных работ»). Все остальные цели третьего уровня, являясь замыкающими целями заключительных уровней детализации рассматриваемых отдельных ветвей дерева целей, не могут быть дополнены ни сценарием, ни ЛВ-моделью. Схема всех используемых в рамках данной задачи сценариев представлена на рис. 3.

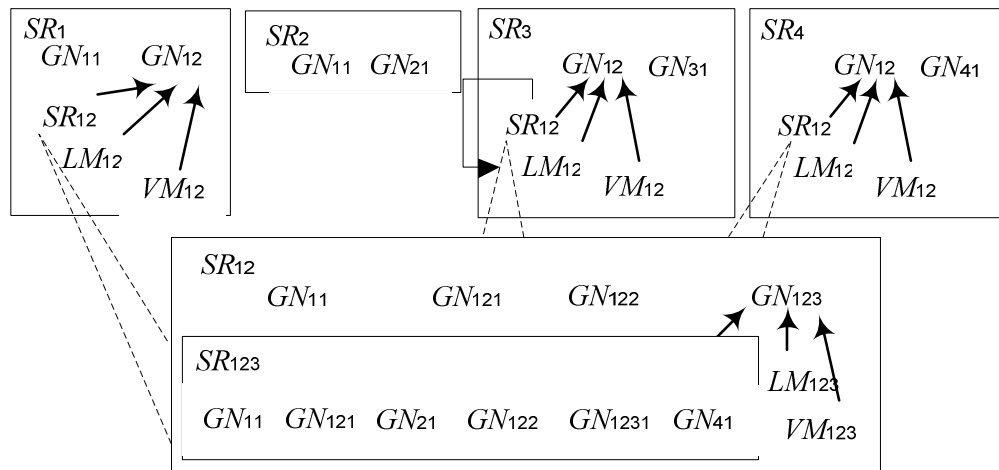


Рис. 3. Модель сценариев рисков недостижения целей, связанных со стратегической целью предприятия транспортной логистики

На основе сценария риска недостижения цели GN_{12} сформулируем логические функции (Л-модели) неуспеха данного события третьего уровня, т. е. LM_{12} :

$$GN_{12} = GN_{11} \vee GN_{121} \vee GN_{122} \vee GN_{123}.$$

Выразим VM_{12} – вероятностную функцию (В-модель) неуспеха события достижения цели GN_{12} :

$$\begin{aligned} P\{GN_{12} = 0\} = & P\{GN_{11} = 0\} + P\{GN_{121} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\}) + P\{GN_{122} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\}) \times \\ & \times (1 - P\{GN_{121} = 0\}) + P\{GN_{123} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\})(1 - P\{GN_{121} = 0\})(1 - P\{GN_{122} = 0\}). \end{aligned}$$

Заключительный, четвертый уровень целеполагания выглядит как декомпозиция цели GN_{123} . Достижение данной цели зависит от следующих целей: GN_{11} , GN_{121} , GN_{21} , GN_{122} , GN_{1231} («своевременное выполнение погрузочно-разгрузочных работ») и GN_{41} .

Логическая функция VM_{123} неуспеха события достижения цели GN_{123} :

$$GN_{123} = GN_{11} \vee GN_{121} \vee GN_{21} \vee GN_{122} \vee GN_{1231} \vee GN_{41}.$$

Соответствующая ей В-модель (LM_{123}):

$$P\{GN_{123} = 0\} = P\{GN_{11} = 0\} + P\{GN_{121} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\}) + P\{GN_{21} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\}) \times \\ \times (1 - P\{GN_{121} = 0\}) + P\{GN_{122} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\})(1 - P\{GN_{121} = 0\})(1 - P\{GN_{21} = 0\}) + \\ + P\{GN_{1231} = 0\}(1 - P\{GN_{11} = 0\})(1 - P\{GN_{121} = 0\})(1 - P\{GN_{21} = 0\})(1 - P\{GN_{122} = 0\}) + P\{GN_{41} = 0\} \times \\ \times (1 - P\{GN_{11} = 0\})(1 - P\{GN_{121} = 0\})(1 - P\{GN_{21} = 0\})(1 - P\{GN_{122} = 0\})(1 - P\{GN_{1231} = 0\}).$$

Если подходить к вопросу ЛВ-моделирования риска недостижения цели предприятия транспортной логистики еще более детально, принимая во внимание показатели оценки достижения целей, то для каждой цели сценарий можно детализировать еще глубже [18], если конкретной цели могут быть противопоставлены оценивающие ее показатели. Таким образом, осуществляется переход на следующий уровень управления – тактический.

Логико-вероятностная модель процесса управления рисками на тактическом уровне

В отличие от *стратегического* управления, основной задачей которого является определение основных целей развития и функционирования организации в перспективе, *тактическое* управление отвечает на вопрос, как именно предприятие может достичь целевого состояния согласно стратегии.

Решения, принимаемые при тактическом управлении, менее субъективны, т. к. базируются на более объективной и полной информации. Реализация тактического управления является конкретизирующей, дополняющей и раскрывающей стратегические цели с большей степенью детализации. Решения на тактическом уровне касаются в большей степени внутренних проблем предприятия и имеют меньший разрыв во времени. Тактические решения легче подвергаются оценке, ранжированию и выбору оптимального варианта, т. к. тактическое управление сопряжено с формированием системы конкретных количественных показателей оценки.

Выделим различные уровни сценариев для целей: *целевой* сценарий – сценарий по целям (отражает стратегические риски, т. е. риски, связанные с целями на различных уровнях детализации) и *факторный* сценарий (отражает тактические риски, связанные с недостижением показателем (фактором) нормативного значения, утвержденного экспертным путем). По сути, факторный сценарий является детализацией сценария по целям, основанного на дереве целей предприятия транспортной логистики, дополненного факторами оценки достижения каждой из целей (см. рис. 1). Однако не все цели транспортно-логистического предприятия имеют факторы оценки их достижения, т. е. и тактические сценарии в таком случае будут иметься не у всех целей на различных уровнях детализации. Наряду со сценариями, в данном контексте рассмотренными, очевидно, что и модели (логическая и вероятностная) также претерпят изменения за счет включения факторных параметров. Рассмотрим детализацию сценариев, а именно сценарии по показателям оценки достижения целей, представив многоуровневую каскадную гибридную ЛВ-модель риска недостижения стратегической цели грузового портового комплекса (рис. 4).

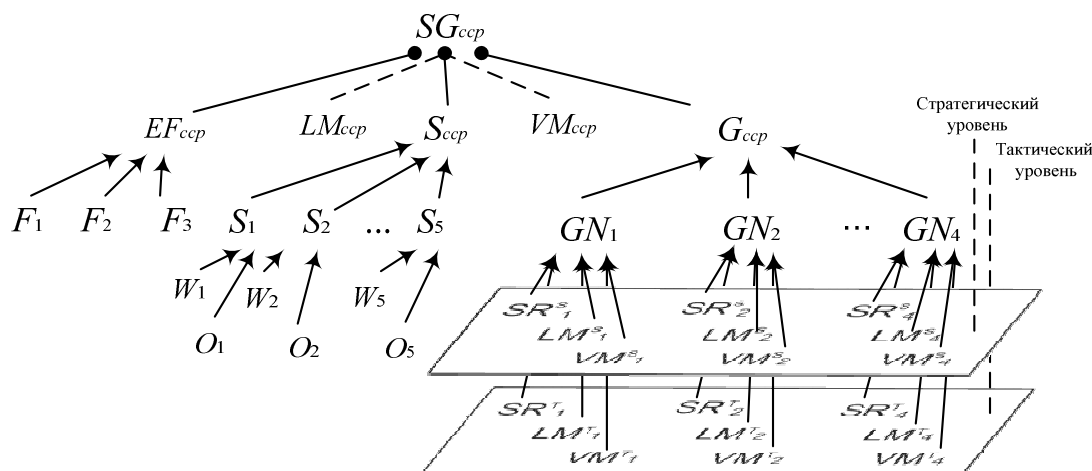


Рис. 4. Многоуровневая каскадная гибридная ЛВ-модель риска недостижения стратегической цели предприятия транспортной логистики

В данном случае каскады представляют собой различные уровни детализации, соответствующие двум уровням управления с различной степенью абстракции.

При переходе от стратегического уровня (уровня целей) к тактическому (уровню показателей оценки достижения целей) детализируем Л-модель. На тактическом уровне о неуспехе события (достижения цели) может свидетельствовать недостижение определенным показателем (или показателями) нормативного значения. Таким образом, появляется следующая формулировка: увеличение риска недостижения главной стратегической цели предприятия транспортной логистики происходит из-за недостижения любым одним показателем оценки достижения данной цели нормативного значения, ИЛИ из-за недостижения любыми двумя показателями нормативных значений, ..., ИЛИ из-за недостижения всеми показателями нормативных значений. В случае наличия у цели оценочных показателей на том же уровне целеполагания вероятность неуспеха события (достижения цели) может быть заменена на вероятность недостижения показателем, характеризующим достижение данной цели, нормативного значения. На тактическом уровне достижение цели можно оценить прямо (в случае наличия у цели непосредственного показателя оценки) и косвенно (в том случае, если цель может быть конкретизирована другими целями, имеющими показатели оценки или другие конкретизирующие цели с показателями оценки и т. д.). В таком случае при формулировании каждой новой Л-модели на следующем уровне целеполагания в модель добавляются все новые (уточняющие) показатели, а уже имеющиеся показатели из Л-модели не исключаются. И это свойство является отличительной чертой Л-моделей тактического уровня от Л-моделей стратегического уровня, где при детализации конкретной цели она заменялась детализирующими ее целями.

Введем новые Л-переменные I_1^1 , I_1^2 , I_1^4 и I_2^4 , необходимые для формулировки сценариев тактического уровня для целей GN_1 , GN_2 и GN_4 . Верхний индекс переменных I соответствует нижнему индексу цели GN , достижение которой оценивает данный показатель; нижний индекс – порядковый номер (в рамках одной цели). Переменные I_1^1 , I_1^2 , I_1^4 и I_2^4 соответствуют показателям оценки «фондоотдача», «коэффициент финансовой независимости», «коэффициент абсолютной ликвидности» и «коэффициент рентабельности собственного капитала». Как видно на рис. 1, цель «Повысить уровень социальной ответственности бизнеса» (GN_3) не имеет прямого показателя оценки, поэтому логическую функцию (Л-модель) неуспеха событий ($LM_{ср}^T$), где T – тактический уровень, относительно целей ($G_{ср}$) можно интерпретировать следующим образом:

$$G_{ср} = I_1^1 \vee I_1^2 \vee GN_3 \vee I_1^4 \vee I_2^4.$$

Выразим вероятностную функцию (В-модель $VM_{ср}^T$) неуспеха событий:

$$\begin{aligned} P\{G_{ср} = 0\} &= P\{I_1^1 \neq I_{1,норм}^1\} + P\{I_1^2 \neq I_{1,норм}^2\}(1 - P\{I_1^1 \neq I_{1,норм}^1\}) + P\{GN_3 = 0\}(1 - P\{I_1^1 \neq I_{1,норм}^1\}) \times \\ &\times (1 - P\{I_1^2 \neq I_{1,норм}^2\}) + P\{I_1^4 \neq I_{1,норм}^4\}(1 - P\{I_1^1 \neq I_{1,норм}^1\})(1 - P\{I_1^2 \neq I_{1,норм}^2\})(1 - P\{GN_3 = 0\}) + \\ &+ P\{I_2^4 \neq I_{2,норм}^4\}(1 - P\{I_1^1 \neq I_{1,норм}^1\})(1 - P\{I_1^2 \neq I_{1,норм}^2\}) \times (1 - P\{GN_3 = 0\})(1 - P\{I_1^4 \neq I_{1,норм}^4\}). \end{aligned}$$

Выражение $P\{I_1^1 \neq I_{1,норм}^1\}$ означает вероятность того, что значение показателя $I_1^{GN_1}$ не достигнет нормативного значения. Рассмотрим операционные сценарии для целей $GN_1 - GN_4$.

Сценарий тактического уровня помимо детализирующих целей, присутствующих в сценарии стратегического уровня, включает также показатели оценки цели, к которой относится данный сценарий. Показатели, используемые в рамках данного формализма, представлены в табл. [19, 20].

Показатели оценки достижения цели предприятия транспортной логистики

Обозначение показателя оценки	Показатель, единицы измерения	Формула/Способ расчета
I_1^1	Фондоотдача	$K_f = CY / COC_{\text{средн}}$, где CY – стоимость услуг, оказанных за период времени T ; $COC_{\text{средн}}$ – стоимость основных средств на начало года среднегодовая
I_2^1	Коэффициент финансовой независимости	$K_a = C_c / A_c$, где C_c – средства собственные; A_c – активы совокупные
I_1^4	Коэффициент абсолютной ликвидности	$K_{\text{абс. л}} = DC + \Phi B_{\text{кр}} / O_{\text{текущ}}$, где DC – денежные средства; $\Phi B_{\text{кр}}$ – финансовые вложения краткосрочные; $O_{\text{текущ}}$ – текущие обязательства
I_2^4	Коэффициент рентабельности собственного капитала	$K_{\text{р.с.к}} = \Pi_{\text{ч}} / C_c$, где $\Pi_{\text{ч}}$ – прибыль чистая за период времени T
I_1^{11}	Процент сотрудников, квалификация которых соответствует занимаемой должности, %	$\text{Проц. КС} = \text{ПР}_{\text{в срок}} / \text{ПР}_{\text{общ}} \cdot 100\%$, где $\text{ПР}_{\text{в срок}}$ – количество работ, осуществленных за период времени T , выполненных без нарушения сроков их реализации; $\text{ПР}_{\text{общ}}$ – общее количество осуществленных за период T работ
I_2^{11}	Затраты на обучение сотрудников, руб.	Общая сумма затрат на квалификационную подготовку работников предприятия
I_1^{12}	Количество постоянных клиентов, ед.	Число клиентов, которые обратились более двух раз
I_2^{12}	Процент клиентов, обратившихся повторно, %	$\text{Проц. Кл}_{\text{повтор}} = \text{Кл}_{\text{повтор}} / \text{Кл}_{\text{общ}} \cdot 100\%$, где $\text{Кл}_{\text{повтор}}$ – количество клиентов, которые за период времени T обратились повторно; $\text{Кл}_{\text{общ}}$ – общее число клиентов, которые обратились за период времени T
I_3^{12}	Количество новых клиентов, ед.	Число вновь обратившихся за период времени T клиентов
I_4^{12}	Количество недовольных клиентов, ед.	Число клиентов, оставшихся неудовлетворенными оказанными им услугами за период времени T
I_1^{21}	Коэффициент интенсивного использования оборудования	$K_{\text{инт}} = \Pi_{\text{ф}} / \Pi_{\text{р}}$, где $\Pi_{\text{ф}}$ – фактическая производительность основного технологического оборудования (ед. продукции/ч); $\Pi_{\text{р}}$ – технически обоснованная производительность машин и оборудования (ед. продукции/ч)
I_2^{21}	Коэффициент экстенсивного использования оборудования	$K_{\text{экт}} = T_{\text{ф}} / T_{\text{р}}$, где $T_{\text{ф}}$ – время фактического функционирования машин и оборудования, ч; $T_{\text{р}}$ – режимный фонд времени работы машин и оборудования, ч
I_1^{31}	Объем налоговых отчислений за период, руб.	Суммируются налоговые отчисления за период времени T
I_2^{31}	Объем социальных отчислений за период, руб.	Суммируются социальные отчисления за период времени T
I_3^{31}	Соотношение минимальной зарплаты к прожиточному минимуму, %	$K_{\text{ГМин}} = \text{ЗП}_{\text{мин}} / \text{ПМин} \cdot 100\%$, где $\text{ЗП}_{\text{мин}}$ – размер минимальной заработной платы сотрудников грузового порта; ПМин – официально установленный размер прожиточного минимума региона, в котором находится грузовой порт
I_4^{31}	Соотношение минимальной зарплаты к средней, %	$K_{\text{Зп}_{\text{ср}}} = \text{ЗП}_{\text{мин}} / \text{ЗП}_{\text{ср}} \cdot 100\%$, где $\text{ЗП}_{\text{мин}}$ – размер минимальной заработной платы сотрудников грузового порта; $\text{ЗП}_{\text{ср}}$ – средний размер заработной платы сотрудников грузового порта.
I_1^{41}	Обеспеченность заказами (договорами) в днях, дн.	$Z_{\text{дн}} = \text{Кол}_{\text{дог}} \cdot \overline{\text{Дн}_{\text{дог}}}$, где $\text{Кол}_{\text{дог}}$ – количество заключенных договоров; $\overline{\text{Дн}_{\text{дог}}}$ – средняя длительность проведения работ по одному договору, дн.
I_1^{121}	Доля судов, отвечающих стандартам экологичности, %	$\text{ЭС} = \text{КЭС} / \text{КС} \cdot 100\%$, где КС – общее количество судов, воспользовавшихся причалами порта за период времени T ; КЭС – количество судов, воспользовавшихся причалами порта за период времени T , полностью соответствующих стандартам экологичности
I_1^{123}	Безотказность погрузки, %	$\text{БП} = \text{КПр.З} / \text{КПЗ} \cdot 100\%$, где КПр.З – количество принятых заявок за период времени T ; КПЗ – количество поступивших заявок за тот же период T
I_2^{123}	Количество утерянного (испорченного) при погрузке груза, т	$\text{Гр}_{\text{утер.}} = \text{Гр}_{\text{план}} - \text{Гр}_{\text{факт}}$, где $\text{Гр}_{\text{план}}$ – общее количество (т) груза, которое согласно принятым заявкам планировалось отгрузить за период времени T ; $\text{Гр}_{\text{факт}}$ – общее количество грузов (т), фактически погруженных за период времени T
I_3^{123}	Среднее время погрузки, ч	$\text{ВП}_{\text{ср}} = T_{\text{п}} / \text{КВЗ}_{\text{общ}}$, где $T_{\text{п}}$ – время погрузки общее; $\text{КВЗ}_{\text{общ}}$ – общее количество выполненных за период времени T заявок
I_1^{1231}	Процент погрузочных работ, выполненных в срок, %	$\text{Проц. ПР}_{\text{в срок}} = \text{ПР}_{\text{в срок}} / \text{ПР}_{\text{общ}} \cdot 100\%$, где $\text{ПР}_{\text{в срок}}$ – количество работ, осуществленных за период времени T , выполненных без нарушения сроков их реализации; $\text{ПР}_{\text{общ}}$ – общее количество осуществленных за период T работ

Необходимо отметить, что отсутствие у какой-либо цели (на любом уровне целеполагания) сценария стратегического уровня совершенно не гарантирует отсутствия сценария и на тактическом уровне тоже. Так, например, на стратегическом уровне цель GN_{11} не имеет своего продолжения в виде сценария (рис. 5), однако на тактическом уровне детализация той же цели реализуется сценарием, т. к. данная цель может быть оценена двумя показателями (рис. 6).

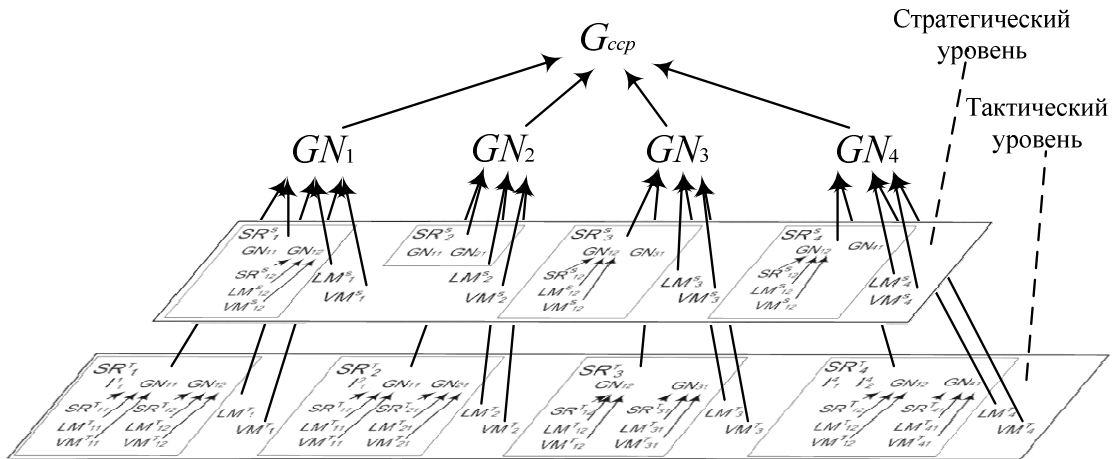


Рис. 5. Каскадная ЛВ-модель риска недостижения стратегической цели предприятия транспортной логистики (детализация сценариев первого уровня целеполагания)

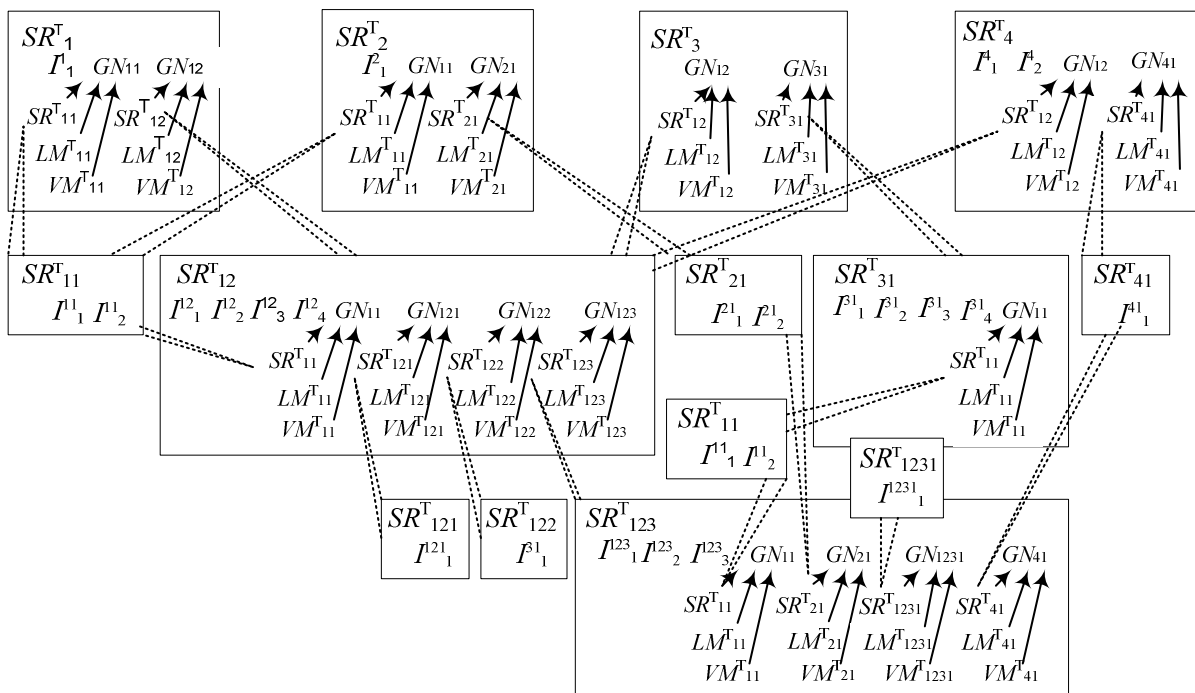


Рис. 6. Модель тактических сценариев рисков недостижения целей, связанных с основной стратегической целью предприятия транспортной логистики

Если наглядно сравнить сценарии стратегического и тактического уровней (см. рис. 3, 6), то налицо подтверждение высказывания об их характерной отличительной особенности: на тактическом уровне не наблюдается детализация показателей в отличие от целей, т. к. подцели конкретизируют цель, так же как и показатели конкретизируют определенную цель (оценку ее достижения).

На основе построенной модели тактических сценариев рисков недостижения целей, связанных с основной стратегической целью транспортно-логистического предприятия, сформулируем логические и вероятностные функции (Л- и В-модели) неуспеха событий относительно целей *второго уровня* целеполагания (GN_1, GN_2, GN_3 и GN_4):

$$LM^T_1: GN_1 = I_1^1 \vee GN_{11} \vee GN_{12};$$

$$VM^T_1: P\{GN_1 = 0\} = P\{I_1^1 \neq I_{1_{norm}}^1\} + P\{GN_{11} = 0\}(1 - P\{I_1^1 \neq I_{1_{norm}}^1\}) + P\{GN_{12} = 0\}(1 - P\{I_1^1 \neq I_{1_{norm}}^1\})(1 - P\{GN_{11} = 0\}).$$

Остальные Л- и В-модели тактического уровня управления формулируются аналогично.

Проведение имитационных экспериментов

Построенные ЛВ-модели риска недостижения стратегической цели предприятия транспортной логистики и сформулированные логические и вероятностные модели описывают взаимосвязь событий – рисков ситуаций, что является как входной информацией для разработанной имитационной модели (рис. 7, 8), так и инструментарием интерпретации результатов экспериментов с имитационной моделью [21].

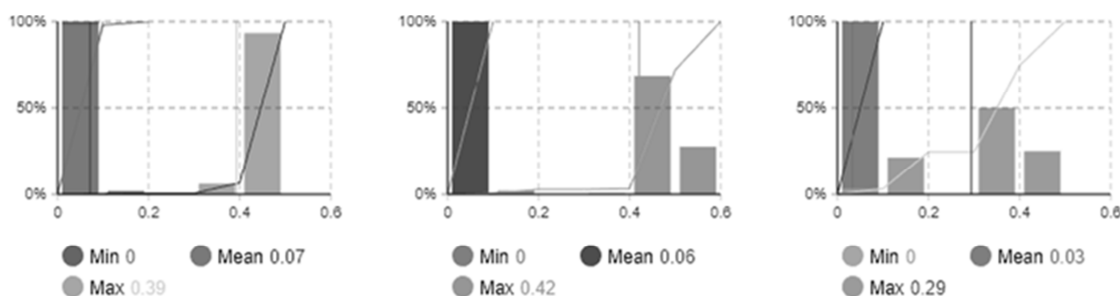


Рис. 7. Фрагмент имитационной модели оценки рисков транспортно-логистического предприятия (модуль анимации результатов в динамике)

На рис. 7 представлена зависимость вероятности наступления рисков ситуации от значения риска в долях.

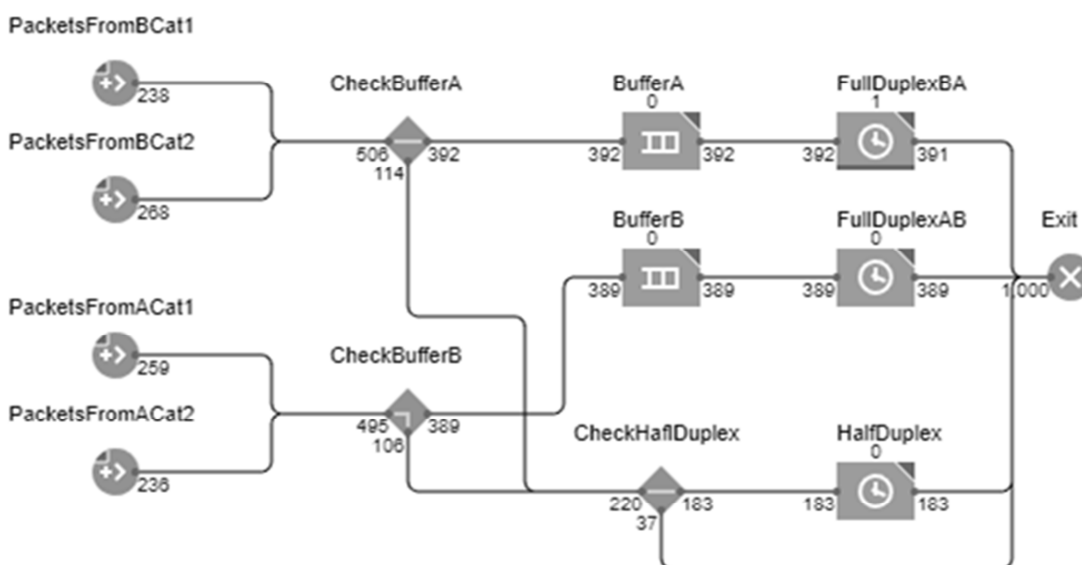


Рис. 8. Фрагмент имитационной модели оценки рисков транспортно-логистического предприятия (модуль аналитики)

Объединение принципов логико-вероятностного и имитационного моделирования, а именно возможность осуществления некой «игры» с параметрами имитационной модели – корректировки входных параметров, в совокупности с детальной проработкой логических и вероятностных взаимосвязей отдельных целей транспортно-логистического предприятия, позволило получить обоснованную оценку риска недостижения стратегической цели и использовать ее в качестве основания для принятия эффективных управленческих решений [22].

Выводы

По результатам решения поставленной задачи исследования была разработана гибридная логико-вероятностная модель риска недостижения стратегической цели транспортно-логистического предприятия с учетом использования в качестве оценочного инструментария имитационного моделирования, а также сформулированы логическая и вероятностная модели с учетом влияния на бизнес-процессы внешних случайных факторов. Данные модели в совокупности представляют собой инструментарий и механизм, позволяющий комплексно оценить вероятность наступления рискованных ситуаций, интерпретировать результаты имитационного моделирования и выявить возможные причины наступления нежелательных событий с целью их устранения и предотвращения, а значит, повысить эффективность управления за счет формирования обоснованных управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А. Л., Кириченко А. В., Щербакова-Слюсаренко В. Н. Направления цифровизации транспортной отрасли // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2018. Т. 10. № 6. С. 1179–1190.
2. Яковлева Е. А., Зеликов В. А., Титова Е. В., Субхонбердиев А. Ш., Костина Д. К., Губертов Е. А. Цифровизация транспортно-логистической отрасли в условиях глобализации мировой экономики // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. 2019. Т. 81. № 4 (82). С. 243–250.
3. Лахметкина Н. Ю., Щелкунова И. В., Рогова Д. А. Развитие транспортных систем в цифровой повестке // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 4. С. 114–120.
4. Маколова Л. В. Управление рисками на предприятии на основе моделирования логистических процессов: моногр. Ростов-н/Д.: ООО «Терра Дон», 2018. 267 с.
5. Иващенко А. В., Корчивой С. А. Анализ рисков в проектах цифровой экономики // Тр. Междунар. симп. «Надежность и качество». Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2019. Т. 2. С. 233–234.
6. Недосекин А. О., Абдулаева З. И. Управление корпоративными рисками и шансами: учеб. курс. СПб., 2010. 125 с.
7. Вяцкова Н. А. Классификация методов анализа и оценки рисков // Проблемы экономики и менеджмента. 2015. № 9 (49). С. 15–25.
8. Балдин К. В. Управление рисками: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. С. 511.
9. Orlova E. V. Mechanism for Credit Risk Management // Proceedings of the 30th IBIMA (8-9 November 2017, Madrid, Spain). URL: <https://ibima.org/accepted-paper/mechanism-credit-risk-management/> (дата обращения: 09.12.2020).
10. Соложенцев Е. Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. СПб.: Бизнес-пресса, 2006. 560 с.
11. Соложенцев Е. Д. Технологии управления риском в структурно-сложных системах: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2013. 435 с.
12. Solozhentsev E. D., Mityagin S. Logical and Probabilistic Risk Models for Assessment and Analysis of the Drug Addiction Problem in a Region // International Journal of Risk Assessment and Management. 2015. V. 18. N. 1. P. 1–17.
13. Карасев В. В., Соложенцев Е. Д. Гибридные логико-вероятностные модели для управления социально-экономической безопасностью // Тр. СПИИРАН. 2016. № 5 (48). С. 124–149.
14. Соложенцев Е. Д., Алексеев В. В., Карасев В. В. Мониторинг и управление процессом кредитования банка с использованием логико-вероятностных моделей риска // Проблемы анализа риска. 2013. № 6. С. 78–87.
15. Бондарева И. О., Григорьев О. В., Латыпова Э. А. Стратегическое управление грузовым портом на основе оценки рисков // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. № 1. С. 90–97.
16. Григорьев О. В., Бондарева И. О., Латыпова Э. А. Управление стратегическими рисками грузового порта с применением имитационного моделирования // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1. С. 155–162.
17. Khanova A. A., Protalinskiy O. M., Averianova K. I. The elaboration of strategic decisions in the socio-economic systems // Journal of Information and Organizational Sciences. 2017. V. 41. N. 1. P. 57–67.

18. Щербатов И. А. Распределение локальных целей в компонентных структурах сложных слабоформализуемых систем // Проблемы управления. 2015. № 1. С. 19–29.

19. Ханова А. А., Пономарева А. С. Управление затратами грузового порта на основе функционально-стоимостного анализа // Изв. высш. учеб. заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2011. № 3 (161). С. 116–119.

20. Ханова А. А., Шубина О. В. Формирование сбалансированной системы показателей предприятия на основе искусственных нейронных сетей (на примере грузового порта) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 1. С. 187–194.

21. Бондарева И. О., Латыпова Э. А. Имитационное моделирование как инструмент комплексной оценки стратегических рисков логистического предприятия // Инженер. вестн. Дона. 2017. Т. 44. № 1 (44). С. 50–61.

22. Яковлева Я. А., Бондарева И. О., Ханова А. А. Имитационно-аналитическая система логистической информационной поддержки морского порта // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2019): сб. науч. тр. по материалам IX Всерос. науч.-практ. конф. по имитац. моделированию и его применению в науке и промышленности (Екатеринбург, 16–18 октября 2019 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. пед. ун-та, 2019. С. 592–597.

Статья поступила в редакцию 27.01.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина Олеговна Бондарева – канд. техн. наук, доцент; зав. кафедрой прикладной информатики; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; i.o.bondareva@gmail.com.

Сабина Мураткалиевна Сидагалиева – аспирант кафедры прикладной информатики; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; Sabina.0709@mail.com.

Евгения Тимофеевна Нестерова – студент-магистрант кафедры прикладной информатики; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; Evg.nes@mail.com.



MATHEMATICAL MODELING OF RISK MANAGEMENT IN TRANSPORT LOGISTICS

I. O. Bondareva, S. M. Sidagalieva, E. T. Nesterova

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article considers the business processes at the transport logistics enterprises as a chain of clear regulations, where noncompliance or delay of one of them results in disruption of the whole process. Risk management is one of the key tasks requiring the development of modeling tools and prevention of undesirable situations. There has been shown a structural model of the risk of failure to achieve the strategic goal of a cargo port, supplemented by several levels of consideration. The tree of goals of the transport logistics enterprise was built. Failure to achieve a particular goal is considered as a risk situation, or a risk. A set of factors for assessing its implementation is opposed to each goal, formulas for calculating the indicators used are given. A model of scenarios of all existing significant risks has been developed. A multi-level hybrid logical-probabilistic model, a cascade logical-probabilistic model and a multi-level cascade hybrid logical-probabilistic model of the risk of failure to achieve the main strategic goal of the port/transport enterprise are proposed. The main idea is the need to link together the technology of formalizing risks using the

constructed logical-probabilistic models and simulation, where the interpretation of the results is possible using logical and probabilistic models and scenarios. The proposed models make it possible to carry out a comprehensive analysis of the risk of failure to achieve the strategic goal of a cargo port based on the scenario formalization of risks of various levels of management, as well as to simplify the process of interpreting the results of simulation modeling taking into account external factors of influence. The integrated use of all these models is the basis for the development of timely management decisions. Particular attention is paid to the description of the technology for constructing logical, probabilistic and scenario models of various types.

Key words: management, risk scenario, transport logistics, risk model, logical model, probabilistic model, simulation modeling, hybrid logical-probabilistic model.

For citation: Bondareva I. O., Sidagalieva S. M., Nesterova E. T. Mathematical modeling of risk management in transport logistics. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2021;2:75-88. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2021-2-75-88.

REFERENCES

1. Kuznetsov A. L., Kirichenko A. V., Shcherbakova-Sliusarenko V. N. Napravleniia tsifrovizatsii transportnoi otrasli [Directions of transport industry digitalization]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova*, 2018, vol. 10, no. 6, pp. 1179-1190.
2. Iakovleva E. A., Zelikov V. A., Titova E. V., Subkhonberdiev A. Sh., Kostina D. K., Gubertov E. A. Tsifrovizatsiia transportno-logisticheskoi otrasli v usloviikh globalizatsii mirovoi ekonomiki [Digitalization of transport and logistics industry in the context of globalization of the world economy]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2019, vol. 81, no. 4 (82), pp. 243-250.
3. Lakhmetkina N. Iu., Shchelkunova I. V., Rogova D. A. Razvitie transportnykh sistem v tsifrovoi povestke [Development of transport systems in digital agenda]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*, 2019, no. 4, pp. 114-120.
4. Makolova L. V. *Upravlenie riskami na predpriatii na osnove modelirovaniia logisticheskikh protsessov: monografiia* [Risk management at enterprise based on logistics processes modeling: monograph]. Rostov-on-Don, OOO «Terra Don» Publ., 2018. 267 p.
5. Ivashchenko A. V., Korchivoi S. A. Analiz riskov v proektakh tsifrovoi ekonomiki [Analysis of risks in digital economy projects]. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo»*. Penza, Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2019. Vol. 2. Pp. 233-234.
6. Nedosekin A. O., Abdulaeva Z. I. *Upravlenie korporativnymi riskami i shansami: uchebnyi kurs* [Management of corporate risks and chances: training course]. Saint-Petersburg, 2010. 125 p.
7. Viatskova N. A. Klassifikatsiia metodov analiza i otsenki riskov [Classification of methods of analysis and risk assessment]. *Problemy ekonomiki i menedzhmenta*, 2015, no. 9 (49), pp. 15-25.
8. Baldin K. V. *Upravlenie riskami: uchebnoe posobie* [Risk Management: tutorial]. Moscow, IuNITI-DANA Publ., 2012. P. 511.
9. Orlova E. V. Mechanism for Credit Risk Management. *Proceedings of the 30th IBIMA (8-9 November 2017, Madrid, Spain)*. Available at: <https://ibima.org/accepted-paper/mechanism-credit-risk-management/> (accessed: 09.12.2020).
10. Solozhentsev E. D. *Stsenarnoe logiko-veroiatnostnoe upravlenie riskom v biznese i tekhnike* [Scenario logic-probabilistic risk management in business and technology]. Saint-Petersburg, Biznes-prensa, 2006. 560 p.
11. Solozhentsev E. D. *Tekhnologii upravleniia riskom v strukturno-slozhnykh sistemakh: uchebnoe posobie* [Risk management technologies in structurally complex systems: tutorial]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2013. 435 p.
12. Solozhentsev E. D., Mityagin S. Logical and Probabilistic Risk Models for Assessment and Analysis of the Drug Addiction Problem in a Region. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 1-17.
13. Karasev V. V., Solozhentsev E. D. Gibridnye logiko-veroiatnostnye modeli dlia upravleniia sotsial'no-ekonomicheskoi bezopasnost'iu [Hybrid logical-probabilistic models for managing socio-economic security]. *Trudy SPIIRAN*, 2016, no. 5 (48), pp. 124-149.
14. Solozhentsev E. D., Alekseev V. V., Karasev V. V. Monitoring i upravlenie protsessom kreditovaniia banka s ispol'zovaniem logiko-veroiatnostnykh modelei riska [Monitoring and management of bank lending process using logical and probabilistic risk models]. *Problemy analiza riska*, 2013, no. 6, pp. 78-87.
15. Bondareva I. O., Grigor'ev O. V., Latypova E. A. Strategicheskoe upravlenie gruzovym portom na osnove otsenki riskov [Strategic management of cargo port based on risk assessment]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2015, no. 1, pp. 90-97.
16. Grigor'ev O. V., Bondareva I. O., Latypova E. A. Upravlenie strategicheskimi riskami gruzovogo porta s primeneniem imitatsionnogo modelirovaniia [Management of strategic risks of cargo port using simulation]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2013, no. 1, pp. 155-162.

17. Khanova A. A., Protalinskiy O. M., Averianova K. I. The elaboration of strategic decisions in the socio-economic systems. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 2017, vol. 41, no. 1, pp. 57-67.

18. Shcherbatov I. A. Raspreделение lokal'nykh tselei v komponentnykh strukturakh slozhnykh slaboformalizuemykh sistem [Distribution of local goals in component structures of complex weakly formalized systems]. *Problemy upravleniia*, 2015, no. 1, pp. 19-29.

19. Khanova A. A., Ponomareva A. S. Upravlenie zatratami gruzovogo porta na osnove funktsional'no-stoimostnogo analiza [Management of cargo port costs using functional and cost analysis]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki*, 2011, no. 3 (161), pp. 116-119.

20. Khanova A. A., Shubina O. V. Formirovanie sbalansirovannoi sistemy pokazatelei predpriiatiia na osnove iskusstvennykh neuronnykh setei (na primere gruzovogo porta) [Formation of balanced scorecard of enterprise based on artificial neural networks (case of cargo port)]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2011, no. 1, pp. 187-194.

21. Bondareva I. O., Latypova E. A. Imitatsionnoe modelirovanie kak instrumente kompleksnoi otsenki strategicheskikh riskov logisticheskogo predpriiatiia [Simulation modeling as tool for comprehensive assessment of strategic risks of logistics enterprise]. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 2017, vol. 44, no. 1 (44), pp. 50-61.

22. Iakovleva Ia. A., Bondareva I. O., Khanova A. A. Imitatsionno-analiticheskaiia sistema lotsmanskoii informatsionnoi podderzhki morskogo porta [Simulation and analytical system of pilotage information support of seaport]. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriia i praktika (IMMOD-2019): sbornik nauchnykh trudov po materialam IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii po imitatsionnomu modelirovaniu i ego primeneniiu v nauke i promyshlennosti (Ekaterinburg, 16–18 oktiabria 2019 g.)*. Ekaterinburg, Izd-vo Ural. gos. ped. un-ta, 2019. Pp. 592-597.

The article submitted to the editors 27.01.2021

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Irina O. Bondareva – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Applied Informatics; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; i.o.bondareva@gmail.com.

Sabina M. Sidagaliyeva – Postgraduate Student of the Department of Applied Informatics; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; Sabina.0709@mail.com.

Evgeniya T. Nesterova – Student of the Department of Applied Informatics; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; Evg.nes@mail.com.

