

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЛОГИСТИЧЕСКОГО РИСКА С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

© 2013 Т.Ю. Кичаева, Л.К. Кириллова\*

**Ключевые слова:** возможности развития, методы многокритериальной оценки альтернатив, неопределенность, нечеткая исходная информация, снижение негативного воздействия, теория нечетких множеств, управление логистическими рисками, функция принадлежности.

Описаны методы многокритериальной оценки логистических рисков, основанные на теории нечетких множеств. Использование предлагаемого методического подхода к оценке рисков может способствовать принятию альтернативного решения, оказывающего положительное воздействие на результат достижения логистической системой поставленных целей.

Функциональный цикл каждой действующей логистической системы имеет зависимость от широкого спектра причин или факторов, характеризующих различные виды неопределенности. Неопределенность условий осуществления логистической деятельности, с одной стороны, включает в себе риск, а с другой стороны, позволяет открыть возможности для дальнейшего развития.

При организации процесса управления логистическими рисками коммерческих предприятий дистрибуторской сети, реализующих молочную продукцию и детское питание, возникает задача моделирования будущей результативности функционирующей системы в целом, поскольку ее возможности напрямую зависят от правильности и обоснованности принятых решений.

Сеть региональных представительств дистрибуторов занимается реализацией на российском рынке продуктов питания с ограниченным сроком хранения от 10 суток и более (до 1 года), требующих специальных условий хранения и транспортировки. При этом предлагаемый ассортимент насчитывает несколько десятков наименований скоропортящейся продукции, а эффективность дистрибуции призвана обеспечивать максимальную доступность продукции для обслуживаемых клиентов практически в каждом регионе России. Соответственно, коммерческая деятельность данных предприятий сопряжена с большим количеством рисков, вопрос управления которыми является актуальным. Недооценка возникающих в процессе обслуживания не-

соответствий и недостаток внимания к ним чреваты появлением проблем, или узких мест, при выполнении логистических процессов. Проблемы в потоке создания ценности связаны с потерями ресурсов, которые увеличивают затраты и время, порождают риски<sup>1</sup>. Например, заниженные прогнозы продаж приводят к недополученной прибыли, а их завышение связано с ростом затрат на хранение и аренду складских помещений; в случае если у нереализованного продукта срок хранения закончился, то предприятие дополнительно несет затраты, связанные с его утилизацией, и т.д.

Формализация и создание моделей развития логистических систем характеризуются многокритериальностью, наличием нескольких возможных направлений совершенствования, внутренней сложностью ввиду необходимости обработки большого объема качественной информации, характеризующей требуемое для логистического менеджмента состояние микро- и макросреды и слабо поддающейся количественной оценке (например, предоставлять высокий уровень обслуживания клиентов, достичь устойчивого ценового преимущества, очень высокого уровня доверия потребителей и т.д.). Иными словами, логистическое управление осуществляется в условиях высокой степени неопределенности, что можно объяснить недостатком информации, ее неполнотой или внутренней противоречивостью, размытостью и неоднозначностью исходных данных, представляющих собой качественные и количественные оценки

\* Кичаева Татьяна Юрьевна, аспирант; Кириллова Лариса Константиновна, кандидат экономических наук, доцент. - Самарский государственный экономический университет. E-mail: vestnik\_sgeu@mail.ru.

управляемых параметров измерения, особенностями восприятия управленческой информации и т.д. Использование теории нечетких множеств (ТНМ) на основе понятия функции принадлежности является одной из направлений решения данного рода задач - задач принятия решений в условиях неопределенности. Теоретические аспекты вопросов построения математических моделей на базе нечеткой логики получили широкое освещение отечественными учеными<sup>2</sup>.

Оценка логистических рисков коммерческих предприятий дистрибуторской сети, реализующих молочную продукцию и детское питание, представляет собой сложный и по структуре, и по содержанию алгоритм, который рассматривается как составная часть процесса управления рисками. Одним из достоинств ТНМ является возможность использовать нечеткие множества при моделировании многокритериальных задач, в которых отсутствует четкая информация, т.е. нечеткое моделирование позволяет более адекватно описывать объекты с неопределенностью, учитывать многокритериальность, осуществлять выбор из множества альтернатив по критериям, определенным на разных типах шкал измерения<sup>3</sup>. Доказательством этому являются практические работы в различных областях знаний<sup>4</sup>.

Рассмотрим применение методов принятия решений, основанных на ТНМ, в области логистического менеджмента, позволяющих повысить обоснованность принимаемых управленческих решений и обеспечить рациональность выбора именно того рискованного события из множества допустимых, которое наиболее негативно влияет на способность логистической системы выполнять заявленные требования к качеству обслуживания клиентов молочной продукции и детского питания. Соответственно, ликвидация или

снижение его негативного влияния благоприятно отразится на возможности логистической системы эффективно реализовать запланированные цели.

В рамках проведенного исследования на основании информации о продажах за период 01.07.2010 - 01.07.2012 г. (24 месяца) установлены несоответствия выходных бизнес-процессов обслуживания потребителей молочной продукции и детского питания для коммерческого предприятия сети дистрибуторов, определены наиболее приоритетные причины их возникновения (рисковые события). Рисковые события в рассматриваемой задаче являются альтернативами ( $a_j$ ). В результате проведенного корреляционного анализа за обозначенный период установлено наличие статистической зависимости между величиной потерь от выявленных событий риска ( $x_j$ ), связанных с факторами внутренней среды (поэтому являющихся управляемыми), и результатами целевой функции выручки ( $Y$ ). Значимость полученных парных коэффициентов корреляции ( $r$ ) в отношении каждого из идентифицированных событий риска проверили на основе  $t$ -критерия Стьюдента (табл. 1). Экспериментально найденные значения  $r$  в отношении четырех факторов риска больше критического (таблично-го) ( $|t_p| \geq t_{кр}$ ). Гипотеза о значимости линейной связи не отвергается.

С вероятностью 95% (число степеней свободы  $k = 22$ ) значимая статистическая связь объективно существует между выручкой и потерями из-за пересортицы (альтернатива -  $a_2$ ). С вероятностью 90% ( $k = 22$ ) значимая статистическая связь объективно существует между выручкой и потерями из-за ошибочного указания номенклатурных позиций ( $a_3$ ). С вероятностью 80% ( $k = 19$ ) значимая статистическая связь объективно существует между выручкой и потерями из-

Таблица 1

Расчетная таблица для определения значимости парного коэффициента корреляции

№ п/п	Рисковые события ( $a_i$ )	Значение коэффициента корреляции $r = [-1; +1]$	$k$	$t_p$	$t_{кр}$ $\alpha = 0,05$	$t_{кр}$ $\alpha = 0,1$	$t_{кр}$ $\alpha = 0,2$
$a_1$	Ошибка прогноза	-0,2427	19	1,650	-	-	1,328
$a_2$	Пересортица	-0,4269	22	2,214	2,074	-	-
$a_3$	Ошибочное указание номенкл. позиций	-0,3677	22	1,854	-	1,717	-
$a_4$	Разовые запросы клиентов	-0,2998	22	1,466	-	-	1,321

**Рекомендуемые методы управления логистическими рисками  
регионального представительства дистрибуторской сети,  
реализующей молочную продукцию и детское питание**

Причина	Рисковое событие	Мероприятие реагирования
Методы работы	Ошибка прогноза ( $a_1$ )	Снижение (исключение риска - использовать гибкие инструменты планирования и прогнозирования)
Методы и технологии работы	Пересортица ( $a_2$ )	Снижение (для снижения частоты возникновения осуществлять регламентированный контроль за процедурой приемки по количеству и качеству в момент отгрузки на склад и со склада)
Персонал	Неверно указан код номенклатурной позиции ( $a_3$ )	Снижение (исключение риска - проведение дополнительного обучения персонала)
Методы и технологии работы	Разовые запросы клиентов ( $a_4$ )	Уклонение (совершенствование процедур планирования)

за ошибок прогнозирования ( $a_1$ ), ( $k = 22$ ) из-за потерь в результате появления ситуации случайных продаж по разовым запросам клиентов (под заказ) ( $a_4$ ).

Полученные статистические выводы явились основанием для разработки практических рекомендаций, представленных в табл. 2. Таким образом, в процессе анализа и оценки логистических рисков представительства сети региональных дистрибуторов, реализующих молочную продукцию и детское питание, определены четыре альтернативы ( $a_1, a_2, a_3, a_4$ ). Задача логистического менеджмента заключается в том, чтобы принять решение о снижении негативного влияния одной из допустимых альтернатив. Устранить влияние всех выявленных причин с экономической точки зрения неэффективно.

Анализ и оценка логистических рисков осуществлялись на основании разработанного алгоритма (рис. 1).

В рамках проведенного исследования определено шесть критериев выбора (табл. 3).

Для оценки предлагаемых критериев качества был использован экспертный метод. При разработке нечетких моделей многокритериальной оценки приоритетности рискового события критерии выбора  $X_1$ - $X_3$  измерялись в баллах по экспертной шкале в интервале действительных чисел от 0 до 10. При этом для критериев  $X_1$ - $X_2$  наименьшему значению признака соответствует 1 балл, наибольшему - 10 баллов. Для критерия качества  $X_3$  данные условия изменены на обратно противоположные. Параметр выбора  $X_4$ - $X_5$  оценивался в стоимостном выражении по данным операционной деятельности. Крите-

рий выбора  $X_6$  рассматривался по шкале времени (отчетный период - квартал).

При определении экспертами множества значений (термов) лингвистических переменных использовались такие, как “средняя и довольно высокая тяжесть последствий”, “средняя и высокая частота возникновения”, “хорошая и слабая вероятность обнаружения”, “быстрое и медленное проявление положительного результата от управления” и т.д. Для наглядности трапециевидные функции принадлежности, используемые для каждой лингвистической переменной, изображены на одном графике (рис. 2).

Экспертами определены требования, которым должен удовлетворять вариант принимаемых решений (альтернатива). Для этого рисковое событие должно иметь довольно высокую тяжесть последствий, высокую частоту возникновения, слабую вероятность обнаружения, довольно высокий размер потерь, средние финансовые затраты на устранение, а проявление положительного результата от принятия управленческих решений должно быть быстрым. Установленные в процессе исследования значения функции принадлежности по каждому из рассматриваемых критериев для допустимых альтернатив представлены в табл. 4.

Поскольку для принятия решения критерии выбора имеют различную значимость, для определения весовых коэффициентов критериев была составлена матрица парных сравнений важности критериев, рассчитан нормированный вектор приоритетов. Для попарного сравнения использовалась шкала оценки предпочтительности, предложенная Саа-

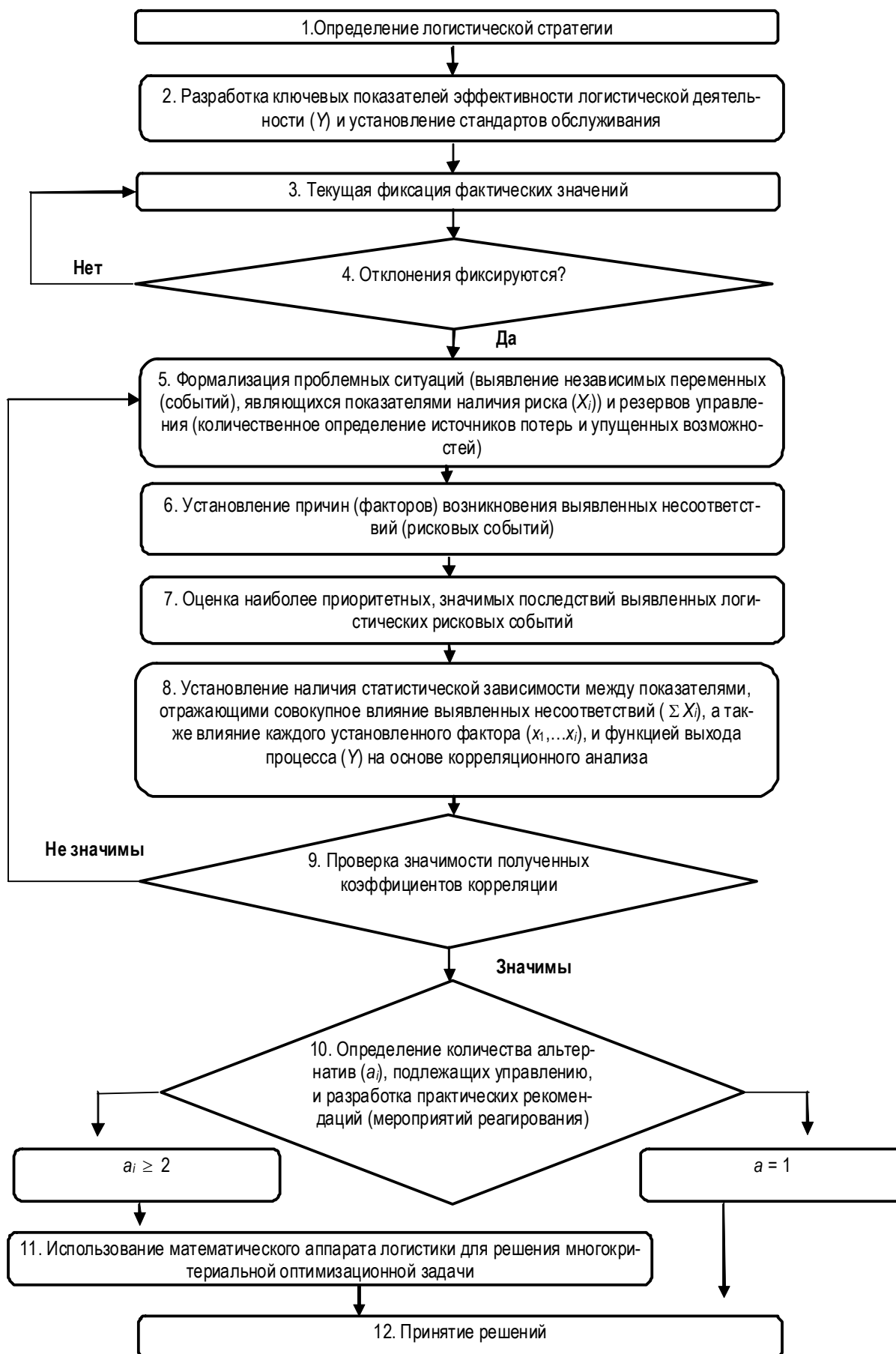


Рис. 1. Алгоритм оценки логистических рисков коммерческих предприятий сети дистрибуторов молочной продукции и детского питания

Таблица 3

Характеристика установленных критериев выбора

Критерий	Характеристика
X <sub>1</sub> - тяжесть последствий	Характеризует значимость результатов возникающих несоответствий выходных параметров бизнес-процессов или отказов с точки зрения уменьшения ценности для конечного потребителя
X <sub>2</sub> - частота возникновения	характеризует периодичность или вероятность появления несоответствий
X <sub>3</sub> - вероятность обнаружения	характеризует вероятности того, что существующие процедуры контроля обнаружат потенциальные причины возникновения узких мест раньше потребителя и позволят их ликвидировать, приняв своевременное управленческое решение
X <sub>4</sub> - размер причиняемых потерь (ущерб), тыс. руб.	Характеризует величину причиненного ущерба
X <sub>5</sub> - размер затрат на устранение (финансовые вложения), тыс. руб.	Характеризует размер затрат, возникающих в связи с устранением рискового события
X <sub>6</sub> - время проявления положительных результатов (эффекта) от управления	Характеризует период времени, по прошествии которого эффект от ликвидации рискового события будет наиболее заметен

Таблица 4

Значения функций принадлежности критериев для анализируемых альтернатив

Нечеткие множества	Альтернатива			
	a <sub>1</sub> - ошибка прогноза	a <sub>2</sub> - пересортица	a <sub>3</sub> - ошибочное указание номенклатурных позиций	a <sub>4</sub> - разовые запросы клиентов
μ <sub>A</sub> ("довольно высокая") тяжесть	1	1	1	1
μ <sub>B</sub> ("высокая") частота	0,5	1	1	1
μ <sub>C</sub> ("слабая") вероятность обнаружения	1	0,49	0,49	0,24
μ <sub>D</sub> ("довольно высокий") размер потерь	1	0,67	0,16	0
μ <sub>E</sub> ("средние") финансовые затраты на устранение	0,5	1	1	0,75
μ <sub>K</sub> ("быстрое") проявление результата	0,5	0,75	0,75	0,5

ти. Матрица парных сравнений является диагональной и обратно симметричной.

Рассчитав вектор приоритетов, установили, что для принятия решений более высокую ценность имеет критерий, характеризующий возможность выявления рисков событий раньше потребителя. На втором и третьем местах, соответственно, оказались критерии, связанные с частотой возникновения несоответствий и с размером причиняемых потерь.

Согласованность экспертных суждений проверили на основе значений индексов согласованности (ИС) и отношения согласованности (ОС). Величина ОС не выходит за пределы 20 %, что позволяет говорить о том, что экспертные суждения согласованы и качественны.

Математически использование каждого из рассматриваемых методов теории нечетких множеств в задаче выбора рискового собы-

тия, значительно влияющего на достижение поставленных целей коммерческих предприятий дистрибуторской сети, реализующей молочную продукцию и детское питание, определяется по алгоритму построения нечеткой модели (рис. 3).

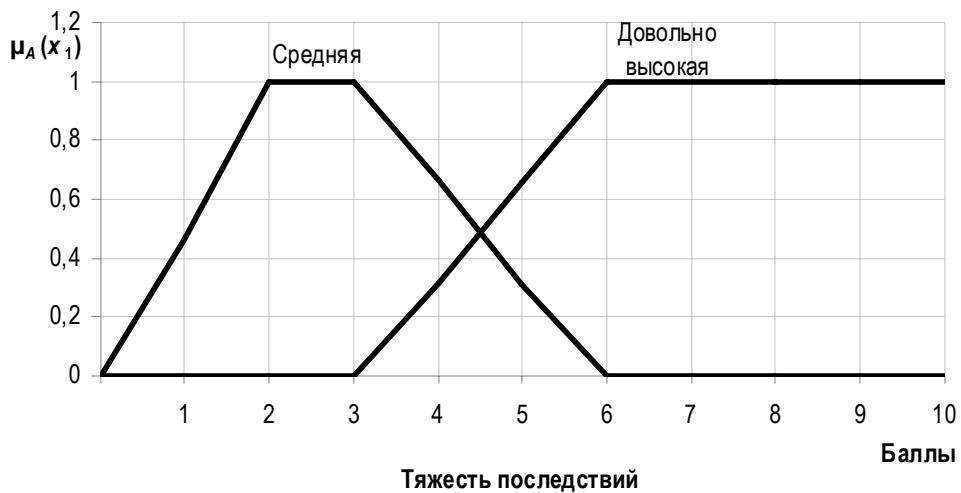
В рамках **метода максиминной свертки** множество оптимальных альтернатив  $L$  с учетом различной важности критериев определили путем пересечения нечетких множеств следующим образом<sup>5</sup>:

$$L = x_1^{\beta_1} \cap x_2^{\beta_2} \cap \dots \cap x_n^{\beta_n}, \hat{a}_i \geq 0,$$

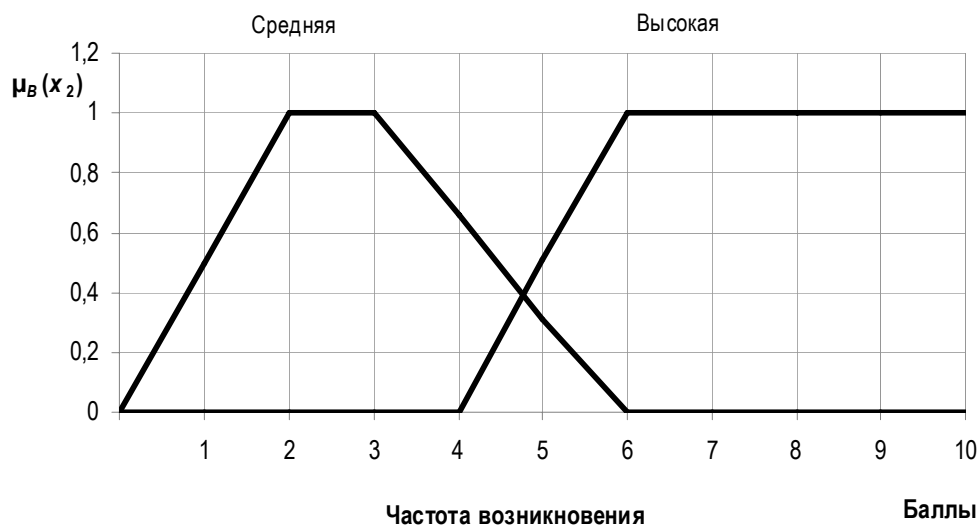
$$i = \overline{1, n}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i = 1. \quad (1)$$

Операция пересечения нечетких множеств соответствует выбору минимального значения для  $j$ -й альтернативы по формуле

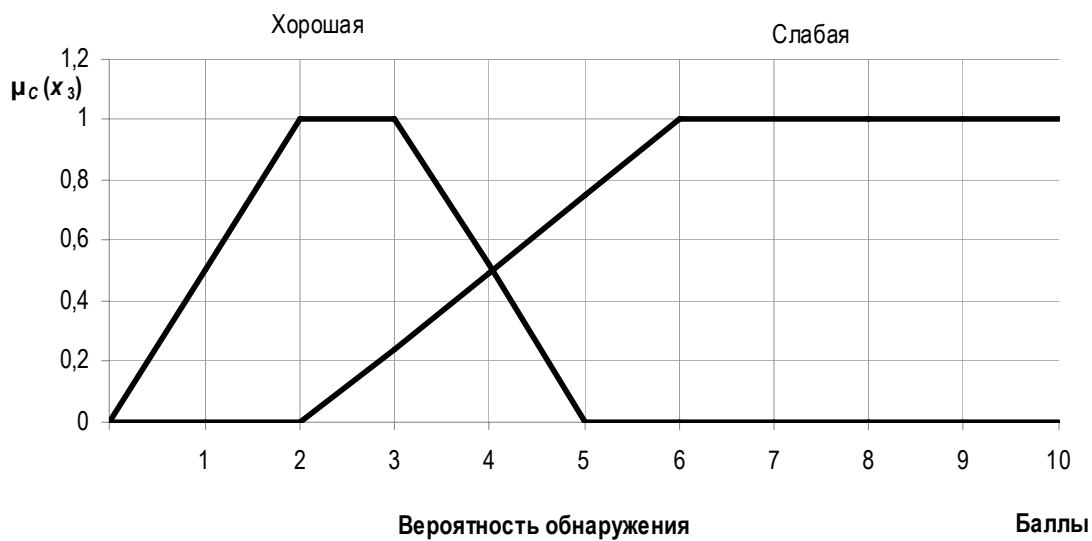
$$\mu_L(a_j) = \min_{i=1, n} \mu_{L_i}(a_j), j = \overline{1, m}. \quad (2)$$



а)

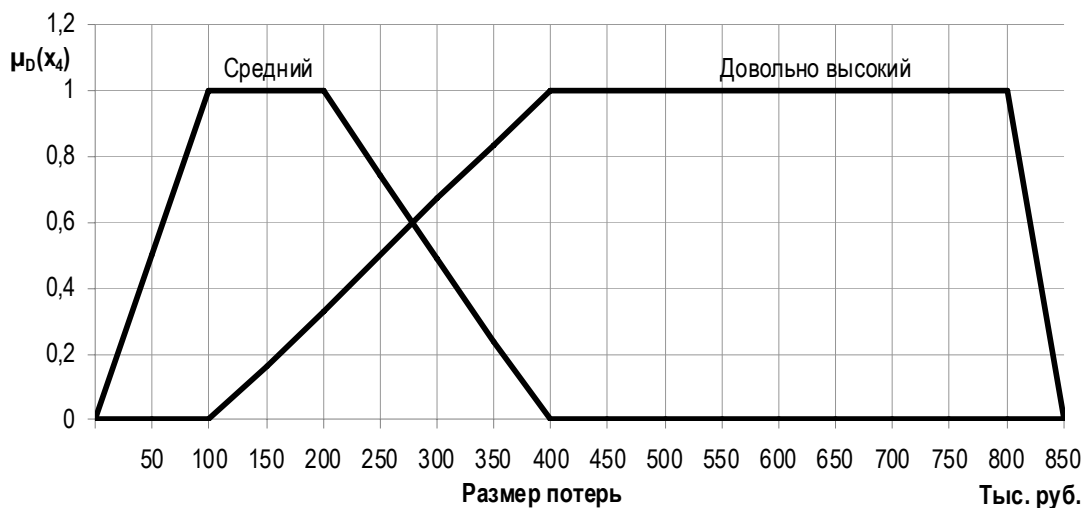


б)

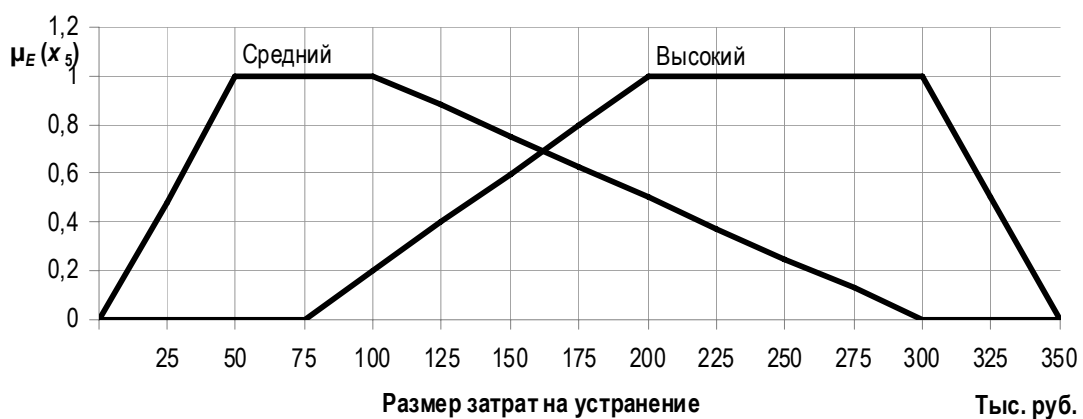


в)

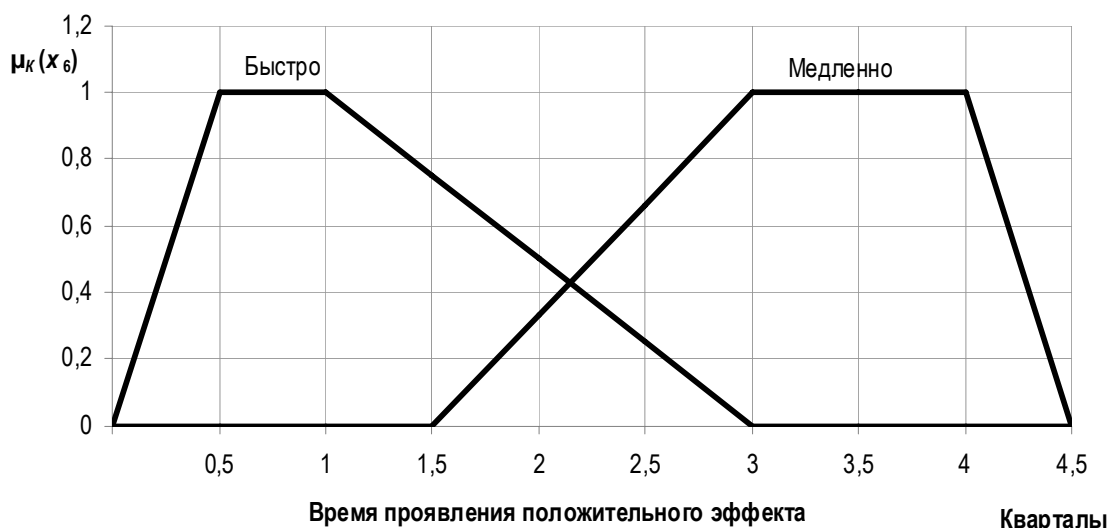
Рис. 2. Графики функции принадлежности для термов лингвистических переменных: а) "тяжесть последствий", б) "частота возникновения", в) "вероятность обнаружения" (начало)



г)



д)



е)

Рис. 2. Графики функции принадлежности для термов лингвистических переменных: г) "размер потерь", д) "размер затрат на устранение", е) "время проявления положительного эффекта" (окончание)

Оптимальной считается альтернатива с максимальным значением функции принадлежности к множеству  $L$ :

$$\mu_L(a^*) = \max_{j=1,m} \min \mu_L(a_j). \quad (3)$$

Множество оптимальных вариантов выбора  $L$  имеет следующий вид:

$$\max_j \mu_L(a_j) = \max\{0.324; 0.146; 0.146; 0.0\}.$$

Таким образом, приоритетным с точки зрения необходимости первостепенного снижения негативного воздействия является рисковое событие под названием “ошибка прогноза” ( $a_1$ ). На втором месте находятся альтернативы, связанные с устранением последствий ошибок неверно указанных номенклатурных позиций ( $a_3$ ) и с пересортицей ( $a_2$ ), на последнем месте - события, связанные с разовыми запросами клиентов ( $a_4$ ).

В процессе принятия решения логистическим менеджментом о приоритетности управления рисковыми событиями были построены нечеткие модели с использованием других методов, входящих в инструментарий теории нечетких множеств. Рассмотрим **метод нечеткого отношения предпочтения**.

На основании установленных в табл. 4 значений функции принадлежности составлены матрицы нечетких отношений предпочтения ( $\mu_{R_1}, \mu_{R_2}, \dots, \mu_{R_6}$ ) рассматриваемых альтернатив по каждому из шести критериев качества. Парное сравнение принадлежности альтернатив позволяет сделать выводы относительно их соответствия критериям выбора.

С точки зрения отношения к множеству “довольно высокая” критерия оценки “тяжесть воздействия на дальнейшее выполнение логистических бизнес-процессов обслуживания клиентов”, каждая из альтернатив имеет непосредственную принадлежность и не превосходит одна другую.

По периодичности возникновения близки варианты  $a_2$ - $a_4$ , соответствующие множеству “высокая частота” со степенью принадлежности, равной 1. В отношении альтернативы  $a_1$  соответствие выделенному критерию подтверждается со степенью истинности 0,5.

Сравнение альтернатив по критерию “вероятность обнаружения” для множества “слабая” показало, что абсолютное преимущество

по данному критерию выбора имеет  $a_1$ . Кроме того, она является наиболее важной в сравнении с  $a_2$  и  $a_3$  (0,51) и ее значения имеют абсолютное преимущество (0,76) перед значениями  $a_4$ .

Альтернатива  $a_1$  определяет преимущество по принадлежности к множеству “довольно высокий” размера потерь, являясь наиболее важной, особенно в сравнении с альтернативами  $a_3$  (0,84) и  $a_4$  (1). Альтернатива  $a_2$  имеет превосходство над  $a_3$  со степенью истинности 0,51, и ее выбор в отношении  $a_4$  со степенью истинности 0,67 будет более оправданным.

С точки зрения соответствия множеству “средние”, финансовые затраты на устранение альтернативы  $a_2$ - $a_4$  имеют абсолютное преимущество перед  $a_1$ . В то же время  $a_2$  и  $a_3$  являются более предпочтительными вариантами выбора в сравнении с  $a_3$  со степенью истинности 0,5.

Аналогичные выводы можно сделать в отношении соответствия рассматриваемых альтернатив множеству “быстрого” времени проявления положительного результата от устранения источника потерь. Более предпочтительными со степенью истинности 0,25 являются альтернативы  $a_2$  и  $a_3$ . Не соответствуют предъявляемым критериям выбора такие варианты принимаемых решений, как  $a_1$  и  $a_4$ .

Нечеткое отношение всех анализируемых альтернатив по всем критериям выбора определяется по формуле (4) и представляет собой операцию пересечения значений матриц нечетких отношений предпочтения ( $\mu_{R_1}, \mu_{R_2}, \dots, \mu_{R_6}$ ).

$$\mu_{Q_1}(a_i, a_j) = \min\{\mu_{R_1}(a_i, a_j); \mu_{R_2}(a_i, a_j); \dots; \mu_{R_6}(a_i, a_j)\}. \quad (4)$$

Определение подмножества недоминируемых альтернатив на множестве  $\{A, \mu_{Q_1}\}$  по всем  $a_i$  и  $a_j$  произвели по формуле

$$\mu_{Q^{HD}}(a_j) = 1 - \sup_{a_j \in A} (\mu_{Q_1}(a_j, a_j) - \mu_{Q_1}(a_i, a_j)). \quad (5)$$

Полученный результат равен

$$\mu_{Q^{HD}} = \begin{vmatrix} a_1 a_2 a_3 a_4 \\ 1111 \end{vmatrix}.$$

Таким образом, анализируемые варианты принятия решений хотя бы по одному кри-



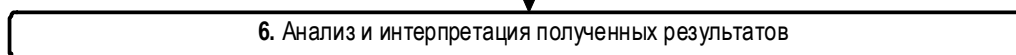
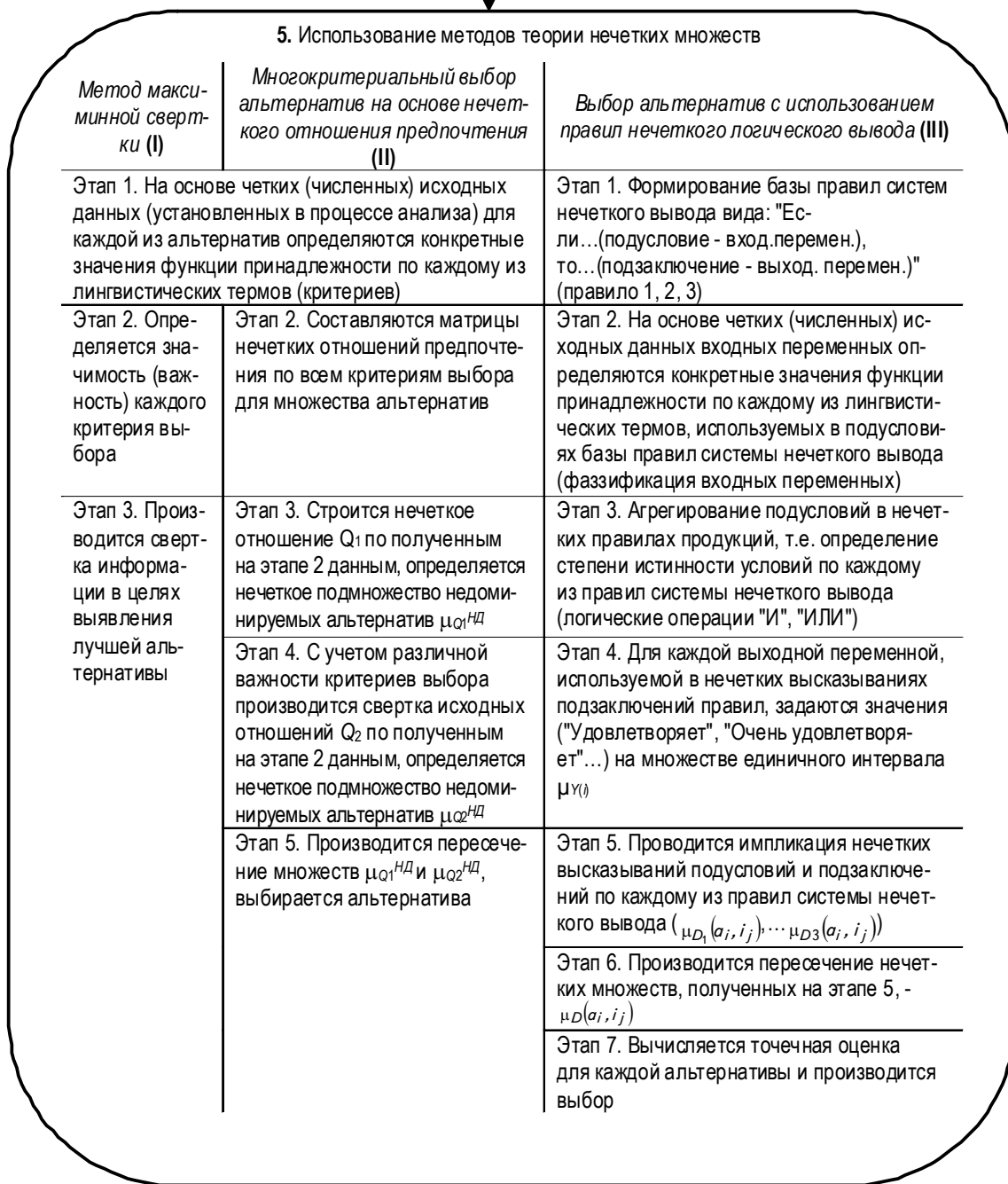


Рис. 3. Алгоритм оценки логистических рисков коммерческих предприятий дистрибуторской сети, реализующих молочную продукцию и детское питание, с помощью методов теории нечетких множеств для задач поддержки принятия решений в условиях неопределенности

терию удовлетворяют предъявляемым требованиям выбора, и ни одна альтернатива не доминирует над другой<sup>6</sup>.

Поскольку критерии выбора имеют различную значимость, то на основании рассчитанных значений вектора приоритетов произвели свертку исходных отношений ( $\mu_{R1}, \mu_{R2}, \dots, \mu_{R6}$ ) и определили нечеткое отношение анализируемых альтернатив по всем критериям выбора -  $Q_2$  (табл. 5).

имеет преимущество в отношении  $a_4$  по критерию “слабая” вероятность обнаружения, “довольно высокий” размер потерь, “средние” финансовые затраты на устранение, “быстрое” время проявления положительного результата от устранения источника потерь.

Для альтернативы  $a_4$  справедливо утверждение о том, что она имеет превосходство со степенью истинности 0,151 над  $a_1$  по критерию “высокая” частота возникновения,

Таблица 5

Матрица нечетких отношений предпочтения альтернатив

$\mu_{Q2}(a_i, a_j)$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$a_1$	1	0,273	0,340	0,474
$a_2$	0,171	1	0,067	0,221
$a_3$	0,171	0	1	0,153
$a_4$	0,151	0	0	1

Анализ данных табл. 5 позволяет сделать выводы в отношении каждой альтернативы. Для альтернативы  $a_1$  справедливо утверждение о том, что она имеет превосходство со степенью истинности 0,273 над  $a_2$ , со степенью истинности 0,340 имеет преимущество в отношении  $a_3$  и 0,474 - в отношении  $a_4$  по критерию “слабая” вероятность обнаружения и “довольно высокий” размер потерь.

Для альтернативы  $a_2$  справедливо утверждение о том, что она имеет превосходство со степенью истинности 0,171 над  $a_1$  по критерию “высокая” частота возникновения, “средние” финансовые затраты на устранение, “быстрое” время проявления положительного результата от устранения источника потерь, со степенью истинности 0,067 имеет преимущество в отношении  $a_3$  по критерию “довольно высокий” размер потерь, и 0,221 в отношении  $a_4$  по критерию “слабая” вероятность обнаружения, “довольно высокий” размер потерь, “средние” финансовые затраты на устранение, “быстрое” время проявления положительного результата от устранения источника потерь.

Для альтернативы  $a_3$  справедливо утверждение о том, что она имеет превосходство со степенью истинности 0,171 над  $a_1$  по критерию “высокая” частота возникновения, “средние” финансовые затраты на устранение, “быстрое” время проявления положительного результата от устранения источника потерь. Со степенью истинности 0,153

“средние” финансовые затраты на устранение.

Подмножество недоминируемых альтернатив на множестве  $\{A, \mu_{Q2}\}$  определили по формуле (5). Результирующее множество недоминируемых альтернатив как итог пересечения множеств  $\mu_{Q1}^{HD}$  и  $\mu_{Q2}^{HD}$  равно  $\{(1; 0.898; 0.933; 0.847)\}$ . По рассматриваемым критериям первая альтернатива имеет большую оценку и является наиболее эффективной.

Для применения **метода нечеткого логического вывода** сформулированы правила, отражающие представления экспертов о предпочтительных вариантах выбора и заданных в виде нечетких суждений. Согласно существующим правилам нечетких продукций в системах нечеткого вывода те лингвистические переменные, которые используются в нечетких высказываниях подусловий правил, называют входными, а переменные, используемые в нечетких высказываниях подзаключений правил, называют выходными<sup>7</sup>.

Для формулировки правил использовались определенные ранее значения терм-множеств лингвистических переменных для критериев оценки ( $X_1-X_6$ ) с соответствующими трапециевидными функциями принадлежности каждого терма (см. рис. 2). Выходная переменная ( $Y$ ) характеризует представления экспертов о приемлемости решений по выделенному набору из нескольких критериев и

Таблица 6

Общее функционально решение

$\mu_D(a_i, i_j)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$a_1$	0,5	0,51	0,54	0,59	0,66	0,75	0,86	0,99	0,89	0,79	0,69
$a_2$	0,51	0,52	0,55	0,60	0,67	0,76	0,87	1	1	0,90	1
$a_3$	0,84	0,85	0,88	0,93	1	1	1	1	1	1	1
$a_4$	0,76	0,77	0,80	0,85	0,92	1	1	1	1	1	1

их значений. Задается на множестве единичного интервала  $\mu_{Y_j} = \{0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1\}$ . Значения лингвистических переменных выхода “очень удовлетворяет”, “не удовлетворяет”, “удовлетворяет” определялось на основании алгоритма, предложенного в книге А.Н. Борисова, О.А. Крумберга, И.П. Федорова “Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования”.

Правила нечеткого логического вывода состоят в следующем.

1. Если тяжесть последствий довольно высокая, частота возникновения высокая, размер причиняемых потерь довольно высок, размер затрат на устранение средний, вероятность обнаружения слабая, а проявление положительного эффекта по времени будет происходить быстро, то альтернатива - “очень удовлетворяет”.

2. Если тяжесть последствий, частота возникновения, размер потерь средние, а размер финансовых вложений высокий и медленно проявятся положительные результаты управления, то альтернатива - “не удовлетворяет”.

3. Если тяжесть последствий средняя, частота возникновения средняя или высокая, вероятность обнаружения слабая или хоро-

шая, размер потерь средний или довольно высокий, размер финансовых вложений средний или высокий, а проявление положительного эффекта по времени будет происходить медленно, то альтернатива - “удовлетворяет”.

Каждое из правил нечетких продукций имеет одинаковую значимость. Для каждого набора знаний (1-3), используя правило преобразования импликации Лукасевича, получили нечеткие подмножества ( $D_1-D_3$ ). В результате пересечения отношений ( $D_1-D_3$ ) получили общее функциональное решение  $D$ , где для каждой альтернативы установили степень удовлетворения (табл. 6).

Для выбора альтернативы вычислили точечную оценку. Для первой альтернативы ( $a_1$ ) она равна 0,60, для второй ( $a_2$ ) - 0,65, для третьей ( $a_3$ ) - 0,53 и для четвертой ( $a_4$ ) - 0,55. Лучшей признана альтернатива, связанная с пересортицей, так как она имеет наибольшее значение точечной оценки.

Сравнительный анализ результатов предлагаемых методов принятия решений в условиях неопределенности, основанных на теории нечетких множеств, приведен на рис. 4. Как видно из рисунка, для первых двух методов безусловную предпочтительность имеет первая альтернатива. Причем оба метода показывают практическое равенство значений

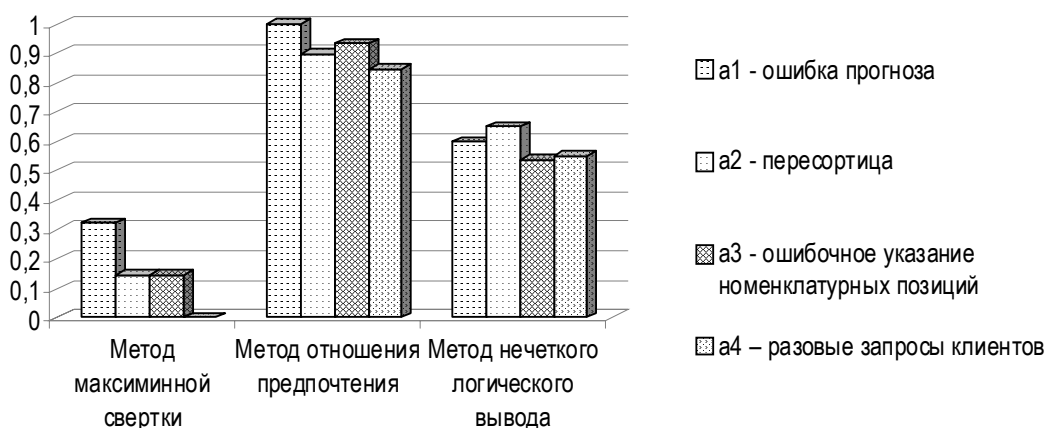


Рис. 4. Результаты выбора рискованного события, полученные разными методами

для второго и третьего вариантов выбора. Для метода отношения предпочтения разница между ними достаточно мала ( $\approx 0,04$ ).

Дополнительный анализ, проведенный с помощью метода нечеткого логического вывода, позволяет подтвердить сделанные ранее выводы в пользу первой альтернативы, поскольку разница между полученными значениями для второй и первой альтернатив составляет 0,05.

Принятие экономически обоснованных решений в условиях неопределенности связано с нечеткими значениями ожидаемых показателей результативности управления. Нечеткость представлений о каждом конкретном логистическом риске коммерческих предприятий дистрибуторской сети, реализующих молочную продукцию и детское питание, связана с наличием рассуждений о приближительных границах, в пределах которых находятся максимальные и минимальные значения причиняемых потерь, значения вероятности возникновения и т.д. Данного рода неточность связана с тем, что даже похожие риски разных логистических систем ввиду неодинаковых условий, провоцирующих их наступление, имеют различные качественные неточные оценки. Каждый конкретный логистический риск по-своему уникален и требу-

ет индивидуального подхода к управлению. Лингвистический подход на основе теории нечетких множеств является перспективным направлением при нечеткой исходной информации, используемой логистическими менеджерами для управления рисками дистрибуторов молочной продукции и детского питания.

<sup>1</sup> *Яхнеева И.В.* Рисковые потоки в логистических системах // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2012. □ 4 (90). С. 97-100.

<sup>2</sup> *Скороспелов Д.* Нечеткие множества для четких выводов // Управление компанией. 2005. □ 5. URL: <http://www.cfin.ru/press/zhuk/2005-5/13.shtml>.

<sup>3</sup> *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Анализ. Синтез, планирование решений в экономике. М., 2000.

<sup>4</sup> См.: *Штовба С.Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М., 2007; Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения : пер. с англ. / под ред. Р.Р. Ягера. М., 1986.

<sup>5</sup> *Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П.* Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига, 1990.

<sup>6</sup> *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М., 1981.

<sup>7</sup> *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб., 2005.

*Поступила в редакцию 19.10.2012 г.*