

## АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Г.М. Грейз, Ю.Г. Кузменко, И.Ю. Окольнишникова*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

В статье дано описание предложенного и апробированного алгоритма оценки оптимальности ключевых показателей управления логистическими процессами промышленного предприятия. Алгоритм базируется на инструментарии теории нечетких множеств и позволяет кроме оценки оптимальности сочетаний ключевых показателей логистического управления прогнозировать результаты запланированного комплекса управленческих решений. Преимущество предлагаемого инструментария заключается в том, что по сравнению с традиционной методикой многокритериальной оценки по величине интегрального показателя, она позволяет качественно и количественно оценить оптимальность того или иного сочетания ключевых параметров логистической системы, даже при одинаковой величине интегрального показателя. Оптимальность предложено оценивать по степени соответствия сочетания ключевых параметров логистической системы установленному критериальному набору требований. Критериальный набор задается на основе принятой управленческой концепции или мнения экспертов и может корректироваться в зависимости от специфических особенностей конкретного промышленного предприятия. Апробация предлагаемого алгоритма выполнена на базе Челябинского трубопрокатного завода. В рамках апробации была выполнена оценка оптимальности сочетаний ключевых показателей управления логистическими потоковыми процессами и установлено, что наилучший комплекс свойств имела логистическая система ЧТПЗ в 2014 году и в наименьшей степени эта система соответствовала выбранным критериям в 2012 и 2013 гг. На основе алгоритма возможно прогнозирование последствий не отдельных управленческих действий, а их комплекса. В результате появляется возможность аналитического прогнозирования характеристик, которые приобретет логистическая система промышленного предприятия после воздействия на нее совокупности управленческих мероприятий.

**Ключевые слова:** логистика промышленных предприятий, алгоритм оценки оптимальности управления логистическими процессами, теория нечетких множеств, ключевые показатели управления, прогнозирование последствий комплекса управленческих действий.

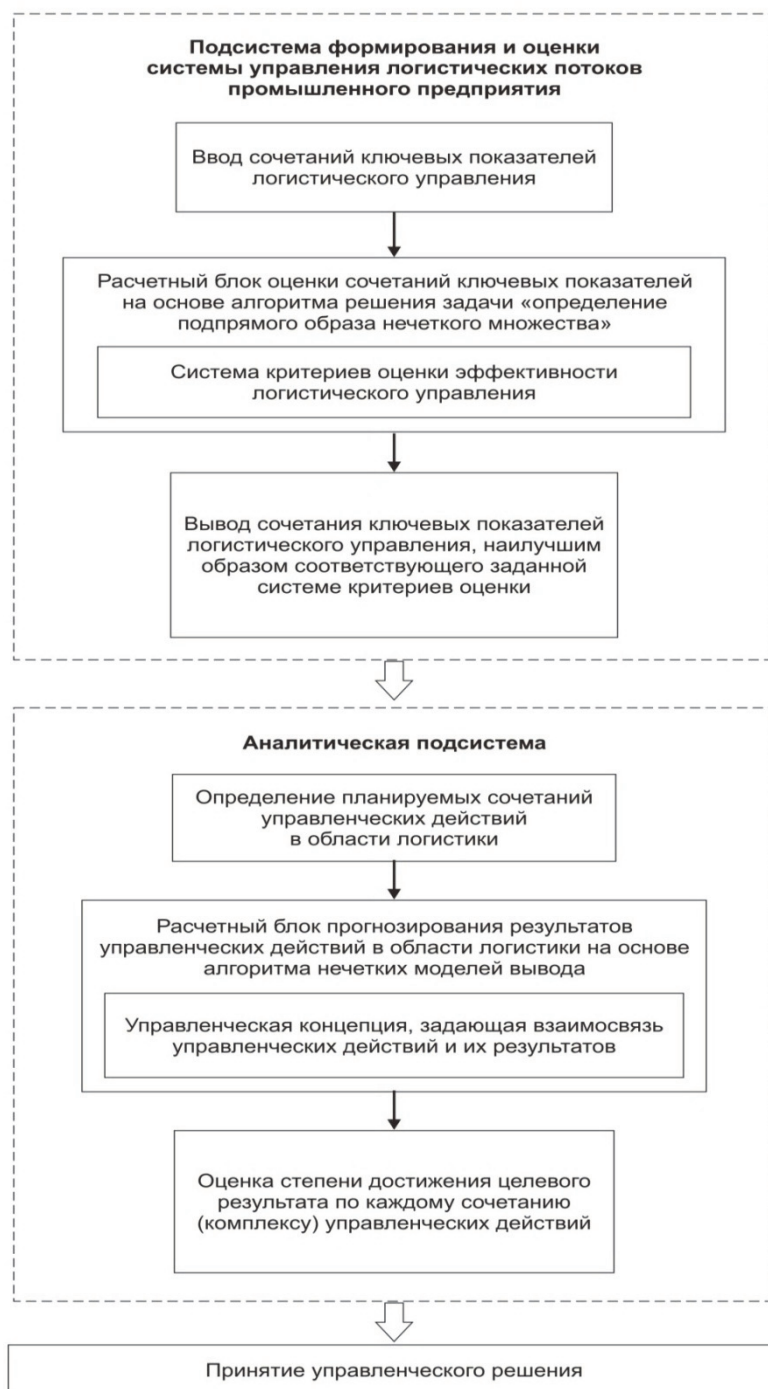
Управление логистическими системами базируется на массиве достаточно разнородной информации. Это значения различных параметров логистической системы, целевые установки, основанные на логистических концепциях или заключениях специалистов-экспертов. Другой проблемой является то, что принятие решений в этой сфере осуществляется в условиях наличия различных видов неопределенности. Эти обстоятельства дают основу для востребованности приложений теории нечетких множеств в комплексе информационно-аналитического обеспечения системы управления логистическими процессами промышленного предприятия [6, 7].

В этих условиях применение теории нечетких множеств позволяет адекватно учесть всю необходимую разнообразную информацию о функционировании логистической системы; принимать обоснованные решения с учетом различных видов неопределенности в нечетких условиях многоуровневой логистической системы промышленного предприятия; заменить точно заданные (четкие) параметры и критерии эффективности логистической системы нечеткими значениями и, тем самым, приблизить оценку логистических систем к реальной ситуации; адекватно смоделировать негативные отклонения в сфере логистического

управления промышленных предприятий с использованием нечетких алгоритмов [1, 2, 5].

Выполнять оценку эффективности управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия предложено на основе алгоритма моделирования, позволяющего исследовать сочетания ключевых показателей и прогнозировать результаты комплекса управленческих решений. Основные функции и структура алгоритма представлены на рисунке.

В общем случае, в рамках системы многокритериальной оценки возможно вычисление интегрального показателя, характеризующего эффективность логистического управления. Однако в ряде случаев вычисление интегрального показателя не дает ответа на вопрос об оптимальности того или иного сочетания ключевых параметров логистической системы. Одно и то же значение комплексного показателя эффективности логистического менеджмента может быть получено при различных сочетаниях параметров разработанной системы оценки. Проблема заключается в выборе из нескольких сочетаний параметров логистической системы, имеющих близкие интегральные значения, одного сочетания, наилучшим образом отвечающего заданному комплексу критериев.



Алгоритм оценки оптимальности сочетаний ключевых показателей и прогнозирования результатов комплекса управленческих действий при управлении логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия

Именно для такого выбора авторами предлагается использовать инструментарий задачи «определения образа нечеткого множества при нечетком бинарном отношении» и ее разновидности – «определение подпрямого образа нечеткого множества». Рассмотрим возможности приложений теории нечетких множеств, изложенных в [2, 8, 9] для решения этих задач.

Постановка задачи «определения образа нечеткого множества» может быть представлена следующим образом: имеется ряд экономических объектов, каждый из которых обладает набором определенных свойств (признаков) и имеется критериальный набор этих признаков, в соответствии с которым оцениваются экономические объекты. В результате решения данной задачи может быть найден экономический объект, который имеет хотя бы один признак из критериального набора.

В рамках созданного алгоритма в качестве исследуемых сочетаний использованы наборы рейтингов по группам ключевых показателей системы управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия:  $x_1$  – Финансовые показатели,  $x_2$  – Удовлетворение потребителей,  $x_3$  – Время,  $x_4$  – Издержки,  $x_5$  – Запасы и  $x_6$  – Показатели логистической системы промышленного предприятия.

Система критериев оценки эффективности управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия в виде критериального (желаемого) набора признаков (в терминах теории нечетких множеств – образ нечеткого множества  $A$ ) представлена как  $A = \{(x_1 | p_1); (x_2 | p_2); (x_3 | p_3); (x_4 | p_4); (x_5 | p_5); (x_6 | p_6)\}$ , где  $p_1 - p_6$  желательные значения признаков  $x_1 - x_6$ .

Выбор значений признаков  $p_1 - p_6$  базируется на принятой управленческой концепции или мнении экспертов или выполняется в зависимости от специфических особенностей конкретного промышленного предприятия – его финансового состояния и экономической ситуации.

Степень значимости конкретного признака из критериального набора  $A$  задается их значениями. Наиболее важные признаки из набора  $A$  получают значения  $p$ , близкие к единице (диапазон 0,8...1,0). Меньшая значимость признака для предприятия отражается более низкими значениями.

В результате решения данной задачи можно оценить, какой из рассматриваемых наборов рейтингов имеет большую степень принадлежности критериальному набору требований. Степень этого соответствия (близость к 1) определяется по величине расчетного параметра  $q$ , который вычисляется по нижеприведенным формулам.

С учетом введенных обозначений в матричном виде решение данной задачи можно представить следующим образом:

$$(p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) \blacklozenge \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} =$$

$$(q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_m), \quad (1)$$

где  $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$  – степень принадлежности признаков  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  нечеткому множеству (критериальному набору), который записывается в виде

$$A = \{(x_1 | p_1); (x_2 | p_2); \dots (x_i | p_i); \dots (x_n | p_n)\};$$

$r_{11} \dots r_{nm}$  – элементы матрицы  $R$ , которые задают нечеткие значения признаков  $x$  для элементов  $y$  (экономические объекты);  $q_1, q_2, \dots, q_m$  – степени принадлежности элементов  $y_1, y_2, \dots, y_m$  образу нечеткого множества  $A$ , которые можно интерпретировать как степень соответствия комплекса признаков экономического объектов заданному критериальному набору значений этих признаков;  $n$  – число признаков  $x$ ;  $m$  – число элементов  $y$  (экономических объектов).

Решениями выражения (1) в координатной форме являются выражения следующего вида:

$$\max(\min(p_1; r_{11}); \dots \min(p_i; r_{ij}); \dots \min(p_n; r_{n1})) = q_1$$

$$\dots \dots \dots (2)$$

$$\max(\min(p_1; r_{1m}); \dots \min(p_i; r_{jm}); \dots \min(p_n; r_{nm})) = q_m$$

По результатам расчета по формулам (2) получаем множество

$B = A \blacklozenge R = \{(y_1 | q_1); (y_2 | q_2); \dots (y_j | q_j); \dots (y_m | q_m)\}$ , которое позволяет оценить, какой из объектов  $y$  имеет большую степень принадлежности критериальному набору признаков (образ нечеткого множества  $A$ ). Чем ближе значение  $q$  к единице (максимальное значение), тем в большей степени объект по своим свойствам соответствует установленному критериальному набору признаков  $A$  [2].

В более жестких условиях оценки используется задача «определение подпрямого образа нечеткого множества» и соответствующие формулы:

$$(p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) \blacktriangleleft \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} =$$

$$(q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_m), \quad (3)$$

Значения символов выражения (3) совпадают со значениями, приведенными в выражении (1). Различие заключается во введении операции  $\blacktriangleleft$ , содержание которой становится понятным из записи решения выражения (3) в координатной форме:

$$\min((p_1 \blacksquare r_{11}); (p_2 \blacksquare r_{21}); \dots (p_i \blacksquare r_{i1}); \dots (p_n \blacksquare r_{n1})) = q_1$$

$$\dots \dots \dots (4)$$

$$\min((p_1 \blacksquare r_{1m}); (p_2 \blacksquare r_{2m}); \dots (p_i \blacksquare r_{im}); \dots (p_n \blacksquare r_{nm})) = q_m$$

По результатам расчета по формулам (4) получаем множество

$$B=A \blacktriangleleft R = \{(y_1 | q_1); (y_2 | q_2); \dots (y_j | q_j); \dots (y_m | q_m)\}.$$

Это множество дает возможность оценить, какой из рассмотренных объектов  $y$  больше соответствует критериальному набору признаков (прямоугольному образу нечеткого множества  $A$ ). Также как и в случае решения предыдущей задачи, чем ближе значение  $q$  к единице, тем в большей степени объект соответствует заданному критериальному набору признаков  $A$  по комплексу свойств.

Фактическая проверка эффективности тех или иных управленческих решений в сфере логистики, оценка их последствий в условиях действующего промышленного предприятия может стать весьма затратной, а в ряде случаев невозможной. Предлагаемый алгоритм позволяет выполнить аналитическую оценку степени достижения комплексного результата воздействия сочетания управленческих мероприятий и прогнозировать результаты управленческих решений в логистической сфере на основе решения задач «нечетких моделей вывода». Данный подход позволяет, задав в качестве входных параметров определенный набор управленческих действий и степень их «силы», определить преимущественный результат этих действий из заданного набора возможных результатов.

Рассмотрим реализацию второй функции алгоритма – оценки и мониторинга управленческих решений в логистической сфере.

За базу вывода берется высказывание  $r = \ll \text{если } a, \text{ то } b \gg$ , которое в классической логике называется импликацией. Управленческие действия и их результаты в рамках общей нечеткой модели связаны нечеткими высказываниями  $\ll \text{если } A, \text{ то } B \gg$ . Это нечеткое отношение также называется импликацией и обозначается символом  $A \Rightarrow B$ .

Взаимозависимость комплекса управленческих действий  $A^+$  и сочетания их результатов  $B^+$  базируются на принятой управленческой концепции, а также могут быть получены в результате опроса группы экспертов. После того как определена конкретная функция импликации  $A \Rightarrow B$ , становится возможным в зависимости от входного нечеткого множества  $A^+$  построение выходного нечеткого множества (следствия)  $B^+ = A^+ * (A \Rightarrow B)$ .

Здесь  $A^+$  и  $B^+$  являются нечеткими множествами универсальных множеств  $X$  (набор управляющих действий, каждое из которых может иметь различную степень «силы» (интенсивности), задаваемой нечеткими числами в диапазоне  $[0, 1]$ ) и  $Y$  (набор возможных результатов этих действий) соответственно. Соответственно, результаты этих управленческих действий представляют собой следствие  $B^+$ .

Далее рассмотрим процедуру нахождения результата управленческих действий (следствия  $B^+$ ) комплекса управленческих действий  $A^+$  более подробно. В целях упрощения описания данной про-

цедуры ограничимся пятью управленческими действиями (логическая посылка  $A^+$ ), а их следствие  $B^+$  также пятью выходными параметрами.

Входное управленческое действие в форме нечеткого множества будет иметь вид  $A^+ = \{(x_1 | p_1); (x_2 | p_2); (x_3 | p_3); (x_4 | p_4); (x_5 | p_5)\}$ .

Предположим, импликация  $A \Rightarrow B$  в виде нечеткого отношения  $R$  формулируется на базе мнения экспертной группы. Тогда нечеткие множества примут форму  $\ll \text{если } A, \text{ то } B \gg$  и имеют вид:

$$A_1 = \{(x_1 | a_1^1); (x_2 | a_2^1); (x_3 | a_3^1); (x_4 | a_4^1); (x_5 | a_5^1)\}, \\ B_1 = \{(y_1 | b_1^1); (y_2 | b_2^1); (y_3 | b_3^1); (y_4 | b_4^1); (y_5 | b_5^1)\} \quad (5)$$

Импликацию  $A \Rightarrow B$  строим на основе функции  $\theta(a, b) = a \blacksquare b$  и представим ее в виде матрицы  $A_i \Rightarrow B_i = A_i \blacksquare B_i$ :

$$A_1 \blacksquare B_1 = \begin{pmatrix} r_{11}^1 & \dots & r_{15}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{51}^1 & \dots & r_{55}^1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Элементы матрицы (6) находим как:  $r_{11}^1 = a_1^1 \blacksquare b_1^1; r_{12}^1 = a_1^1 \blacksquare b_2^1; \dots; r_{54}^1 = a_5^1 \blacksquare b_4^1; r_{55}^1 = a_5^1 \blacksquare b_5^1$

Содержание операции срезки ( $\blacksquare$ ) представлено зависимостью:

$$a \blacksquare b = \begin{cases} 1 \text{ при } a \leq b \\ b \text{ при } a > b. \end{cases} \quad (7)$$

Локальный вывод  $B_1^+$  строится с использованием матрицы (6) и входного управленческого решения  $A^+$ . В качестве правила вывода в данном случае используем  $* = \blacklozenge$ :

$$(p_1; p_2; p_3; p_4; p_5) \blacklozenge \begin{pmatrix} r_{11}^1 & \dots & r_{15}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{51}^1 & \dots & r_{55}^1 \end{pmatrix} = (q_1^1; q_2^1; q_3^1; q_4^1; q_5^1) \quad (8)$$

В координатной форме решение выражения (8) может быть представлено как:

$$\max(\min(p_1; r_{11}^1); \dots; \min(p_5; r_{55}^1)) = q_1^1 \\ \dots \dots \dots \quad (9) \\ \max(\min(p_1; r_{15}^1); \dots; \min(p_5; r_{55}^1)) = q_5^1$$

Апробация приведенного выше аналитического инструментария решения задач оценки ключевых показателей эффективности управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия и мониторинга управленческих решений выполнена на примере одного из лидеров трубной отрасли – Челябинского трубопрокатного завода (ЧТПЗ).

На первом этапе апробации была выполнена оценка оптимальности сочетаний ключевых показателей управления логистическими потоковыми процессами для ЧТПЗ. Для групп ключевых показателей эффективности системы управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия, а именно Финансовые показатели, Удовлетворение потребителей, Время, Издержки, Запасы и Показатели организации логистической системы промышленного предприятия, разработана методика расчета итогового рейтинга по каждой группе ключевых показателей и част-

ных рейтингов по каждому показателю, входящему в эти группы. Методика расчета рейтинга, которая позволяет перевести достаточно разнородные показатели в необходимую для предложенного алгоритма форму, приведена в [4].

1. Вычисление рейтинга по группе  $x_1$  – Финансовые показатели.

Исходные данные для вычисления рейтинга приведены в табл. 1 и 2. Далее в соответствии с методикой, приведенной в [4], рассчитаны составляющие  $R_{1ФП}^{аб}$ ,  $R_{2ФП}^{аб}$ ,  $R_{ФП}^{отн}$  рейтинга группы «Финансовые показатели» –  $R_{ФП}$ . Результаты этого расчета приведены в табл. 3.

2. Вычисление рейтинга по группе  $x_2$  – Удовлетворение потребителей.

Показатели «совершенного заказа» за анализируемый период неизвестны, так как данная статистика на предприятии не ведется, поэтому условно считаем, что рейтинг этой группы пропорционален отношению удельной выручке за рассматриваемый год к максимальной удельной годовой выручке за определенный период  $R_{УП} = \frac{V_i}{V_{max}}$ .

этих групп одинаковыми и равными 0,8 (табл. 5).

Примечание: «логистические отражения» по себестоимости  $\Delta R_{Себест-ми}$  и прибыли от продаж определены как изменение отношения удельных затрат (прибыли) на производство и реализацию к затратам (прибыли) базового года (табл. 2) с корректировкой на изменение логистического фактора – удельных запасов. Например:

$$\Delta R_{Себест-ми} (2014) = \left(1 - \frac{64767}{69016}\right) * \left(1 - \frac{6641}{11393}\right) = 0,026.$$

В случае роста запасов или себестоимости или падения прибыли, по отношению к базе, и получению, соответственно, отрицательных значений рейтинга, он принят равным нулю. Также «обнулялись» отрицательные значения и других составляющих рейтинга группы «Финансовые показатели»  $R_{ФП}$ . Аналогично  $\Delta R_{Себест-ми}$  определены рейтинги  $R_{2ФП}^{аб}$  по изменению оборотных активов с корректировкой по изменению запасов.

4. Вычисление рейтинга по группе  $x_5$  – Запасы.

Из-за отсутствия данных по затратам на содержание запасов рейтинг данной группы опре-

Таблица 1  
Фрагменты отчета о финансовых результатах и бухгалтерского баланса Челябинского трубопрокатного завода (ЧТПЗ) (тыс. руб.)

Год	Объем продаж, тыс. т	Актив баланса	Выручка	Оборотные активы	Затраты на производство и реализацию	Запасы	Прибыль от продаж
2011	980	98425192	76645429	36621166	67635970	11165438	9009459
2012	747	104603174	84048139	42286354	75901937	9597138	8146202
2013	943	105659204	82721179	39889534	75255765	8063450	7465414
2014	1280	114853978	97184656	46827277	82901528	800509	14283128
2015	1183	108175652	112285286	40869397	98554343	10842187	13730943

Таблица 2  
Финансовые показатели в расчете на 1 т реализованных труб (руб./т)

Год	Объем продаж, тыс. т	Актив баланса	Выручка	Оборотные активы	Затраты на производство и реализацию	Запасы	Прибыль от продаж
2011	980	100434	78210	37369	69016	11393	9193
2012	747	140031	112514	56608	101609	12848	10905
2013	943	112046	87721	42301	79805	8551	7917
2014	1280	89730	75926	36584	64767	6641	11159
2015	1183	91442	94916	34547	83309	9165	11607

Значения исходных данных и рейтинги этой группы по годам приведены в табл. 4.

3. Вычисление рейтингов по группам  $x_3$  – Время и  $x_4$  – Издержки.

Из-за отсутствия данных принимаем рейтинги

делен по показателю Оборачиваемость запасов (табл. 6).

5. Рейтинг по группе  $x_6$  – Показатели организации логистической системы предприятия (показатель логистической энтропии) [3].

Таблица 3

Рейтинг группы Финансовые показатели  $R_{ФП}$  и его составляющих (показатели 2011 года приняты за базу)

Год	$\Delta R_{\text{Прибыли}}$	$\Delta R_{\text{Себест-ти}}$	$R_{1ФП}^{аб}$	$R_{2ФП}^{аб}$	$\Delta O_A$	$\Delta R_{\text{ТП}}$	$R_{ФП}^{\text{отн}}$	$R_{ФП}$
2012	-0,024	0,060	0,060	0,000	-0,009	-0,009	0,000	0,060
2013	-0,035	-0,039	0,000	0,000	0,015	0,016	0,031	0,031
2014	0,089	0,026	0,115	0,009	0,027	0,024	0,051	0,174
2015	0,051	-0,041	0,051	0,015	0,021	0,012	0,033	0,099

Таблица 4

Рейтинг группы Удовлетворение потребителей

Год	Выручка, руб./т	$R_{УП}$
2012	112 514	1,000
2013	87 721	0,800
2014	75 926	0,641
2015	94 916	0,653

Таблица 5

Рейтинг групп Время и Издержки

Год	$R_{\text{Время}}$	$R_{\text{Издержки}}$
2012	0,8	0,8
2013	0,8	0,8
2014	0,8	0,8
2015	0,8	0,8

Таблица 6

Рейтинг группы Запасы

Год	Выручка, руб./т	Запасы, руб./т	Оборачиваемость запасов, число оборотов	$R_{\text{запасы}}$
2012	112 514	12 848	8,758	0,766
2013	87 721	8 551	10,259	0,897
2014	75 926	6 641	11,433	1,000
2015	94 916	9 165	10,356	0,906

По результатам обследования принимаем значение этого рейтинга одинаковым и равным 0,65. Оно принято как среднее значение для предприятий трубной промышленности Урала.

6. Выбираем критериальный набор признаков:  $x_1$  – Финансовые показатели,  $x_2$  – Удовлетворение потребителей,  $x_3$  – Время,  $x_4$  – Издержки,  $x_5$  – Запасы и  $x_6$  – Показатели организации логистической системы предприятия.

Принимаем следующие значения критериального набора признаков:

$$\{(x_1 | 1,0); (x_2 | 1,0)(x_3 | 0,9)(x_4 | 0,9)(x_5 | 1,0)(x_6 | 0,7)\}$$

Значения критериев  $x_3$ ,  $x_4$  и  $x_6$  приняты в представленном виде с целью проверки чувствительности данной методики к изменению этих значений.

7. Определяем степень соответствия  $q_1 - q_4$  комплекса признаков  $u_1 - u_4$  (наборы рейтингов по годам периода 2012–2015 гг.) заданному критериальному набору значений этих признаков  $p_1 - p_6$  на основе инструментария задачи «определение об-

раза нечеткого множества» (формулы (1), (2)):

$$(1,0; 1,0; 0,9; 0,9; 1,0; 0,7) \diamond \begin{bmatrix} 2012 & 2013 & 2014 & 2015 \\ 0,060 & 0,031 & 0,174 & 0,099 \\ 1,000 & 0,800 & 0,641 & 0,653 \\ 0,800 & 0,800 & 0,800 & 0,800 \\ 0,800 & 0,800 & 0,800 & 0,800 \\ 0,766 & 0,897 & 1,000 & 0,906 \\ 0,650 & 0,650 & 0,650 & 0,650 \end{bmatrix}$$

$$= (1,0; 0,897; 1,0; 0,906).$$

Степень соответствия предъявленным критериям равна:  $q_1 = 1,0; q_2 = 0,897; q_3 = 1,0; q_4 = 0,906$ .

Интерпретация этих результатов означает, что в наибольшей степени критериальному набору соответствует комплекс показателей, который имел ЧТПЗ в 2012 и в 2014 гг., в наименьшей степени отвечает критериальному набору комплекс показателей 2013 года.

8. Определяем степень соответствия  $q_1 - q_4$

комплекса признаков  $y_1 - y_4$  (наборы рейтингов по годам периода 2012–2015 гг. (годы верхняя строка матрицы)) заданному критериальному набору значений этих признаков  $p_1 - p_6$  на основе инструментария задачи «определение подпрямого образа нечеткого множества» (формулы (3), (4)).

Степень соответствия предъявленным критериям при использовании методики этой задачи равна:  $q_1 = 0,06$ ;  $q_2 = 0,031$ ;  $q_3 = 0,174$ ;  $q_4 = 0,099$ .

$$(1,0; 1,0; 0,9; 0,9; 1,0; 0,7) \leftarrow \begin{bmatrix} 2012 & 2013 & 2014 & 2015 \\ 0,060 & 0,031 & 0,174 & 0,099 \\ 1,000 & 0,800 & 0,641 & 0,653 \\ 0,800 & 0,800 & 0,800 & 0,800 \\ 0,800 & 0,800 & 0,800 & 0,800 \\ 0,766 & 0,897 & 1,000 & 0,906 \\ 0,650 & 0,650 & 0,650 & 0,650 \end{bmatrix} =$$

$$=(0,06; 0,031; 0,174; 0,099).$$

При использовании инструментария теории нечетких множеств наилучший комплекс свойств имела логистическая система ЧТПЗ в 2014 году, в наименьшей степени эта система соответствовала выбранным критериям в 2012 году. Различие в результатах объясняется более жесткими условиями оценки, так как в результате решения задачи определяется набор показателей, который имеет не один как в случае задачи «определение образа нечеткого множества», а все признаки, указанные в критериальном наборе, и по комплексу своих свойств наилучшим образом этому набору соответствует.

На втором этапе апробации была использована вторая функция разработанного алгоритма и выполнено прогнозирование результатов комплекса управленческих действий при управлении логистическими потоковыми процессами.

Была выполнена оценка последствий следующего набора управленческих действий в логистической сфере ( $X_i$ ):  $x_1$  – оперативное управление технологическими процессами;  $x_2$  – поддержание стандартов качества;  $x_3$  – контроль и управление запасами на всех стадиях производства;  $x_4$  – инвестиции в НИР в сфере логистики;  $x_5$  – управление материальными потоками на базе внедрения логистических информационных систем.

В качестве результатов данных управленческих действий (мероприятий) ( $Y_i$ ) рассматривались следующие показатели логистической системы предприятия:  $y_1$  – сокращение времени производственного цикла;  $y_2$  – повышение качества продукции;  $y_3$  – минимизация (оптимизация) запасов на всех стадиях производства;  $y_4$  – снижение логистических издержек;  $y_5$  – снижение себестоимости.

Степень «силы» (интенсивности) управленческих действий и их результатов задана авторами на основе экспертной оценки.

Так, если входное управленческое решение в форме нечеткого множества имеет вид:

$$A^+ = \{(x_1 | 1,0); (x_2 | 1,0); (x_3 | 1,0); (x_4 | 1,0); (x_5 | 1,0)\},$$

то его результаты будут представлены в следующем виде:

$$B^+ = \{(y_1 | 0,8); (y_2 | 0,6); (y_3 | 0,8); (y_4 | 0,7); (y_5 | 0,2)\}.$$

Строим импликацию  $A^+ \Rightarrow B^+ = A^+ \blacksquare B^+$  в виде матрицы в соответствии с формулами (6), (7):

$$\begin{bmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \end{bmatrix}$$

Проверяем действие комплекса управленческих решений, представленного в виде:  $\{(p_1 | 0,6); (p_2 | 0,7); (p_3 | 0,4); (p_4 | 0,4); (p_5 | 0,4)\}$

В соответствии с выражениями (8), (9) получим локальный вывод:

$$(0,6; 0,7; 0,4; 0,4; 0,4) \blacklozenge \begin{bmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \\ 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,7 & 0,2 \end{bmatrix} =$$

$$=(0,7; 0,6; 0,7; 0,7; 0,2).$$

Полученное нечеткое множество  $q_1 = 0,7$ ;  $q_2 = 0,6$ ;  $q_3 = 0,7$ ;  $q_4 = 0,7$ ;  $q_5 = 0,2$  представляет собой аналитическую оценку последствий предпринятого комплекса управленческих действий  $p_1 - p_6$ . В соответствии с такой оценкой при равной интенсивности всех предпринятых управленческих решений в наибольшей степени эти мероприятия окажут влияние на сокращение времени производственного цикла, минимизацию (оптимизацию) запасов и снижение логистических издержек. В наименьшей степени этот комплекс мероприятий повлияет на снижение себестоимости.

По мнению авторов, практическая значимость предложенного аналитического алгоритма заключается в том, что его использование позволяет оценить последствия не отдельных управленческих действий, а их комплекса. В результате такого подхода появляется возможность аналитического прогнозирования характеристик, которые приобретет логистическая система промышленного предприятия после воздействия на нее совокупности управленческих мероприятий.

### Литература

1. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2002. – 265 с.
2. Грейз, Г.М. Методология аналитического обеспечения логистического менеджмента промышленного предприятия: монография / Г.М. Грейз. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 210 с.
3. Грейз, Г.М. Логистическая энтропия как один из показателей системы аналитического обеспечения управления потоковыми процессами

промышленного предприятия / Г.М. Грейз // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: сб. мат-лов междунар. заочной науч.-практ. конф. молодых ученых, 15 дек. 2015 г. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 119–123.

4. Грейз, Г.М. Информационно-аналитическое обеспечение системы управления логистическими потоковыми процессами промышленного предприятия: автореф. дис....д-ра экон. наук / Г.М. Грейз. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. экон. ун-т, 2017. – 42 с.

5. Грейз, Г.М. Применение нечеткой логистической модели для определения оптимального сочетания ключевых параметров логистической системы промышленного предприятия / Г.М. Грейз // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2014. – № 10. DOI: 10.12731/2218-7405-2014-10-8

6. Грейз, Г.М. Анализ концепций взаимодействия основных логистических потоков Принципиальная структура системы формирования и оценки ключевых показателей логистического менеджмента промышленного предприятия / Г.М. Грейз, Ю.Г. Кузменко, И.В. Хатеев // Российское предпринимательство. – 2013. – № 5(227). – С. 26–32.

7. Григорьев, М.Н. Логистика: учеб. пособие для студ. вузов / М.Н. Григорьев, А.П. Долгов, С.А. Уваров. – М.: Гардарики, 2006. – 463 с.

8. Ухоботов, В.И. Введение в теорию нечетких множеств и ее приложения: учеб. пособие / В.И. Ухоботов. – Челябинск: УрСЭИ АТ и СО, 2005. – 133 с.

9. Ухоботов, В.И. Избранные главы теории нечетких множеств: учеб. пособие / В.И. Ухоботов. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2011. – 245 с.

**Грейз Георгий Маркович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Логистика и экономика торговли» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), ggreyz09@mail.ru

**Кузменко Юлия Геннадьевна**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Логистика и экономика торговли» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

**Окольнишникова Ирина Юрьевна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Маркетинг» Высшей школы экономики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

*Поступила в редакцию 17 сентября 2017 г.*

---

DOI: 10.14529/em170418

## APPROBATION OF THE ALGORITHM FOR ESTIMATING THE OPTIMALITY OF THE MANAGEMENT OF LOGISTICAL PROCESSES OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

**G.M. Greiz, Yu.G. Kuzmenko, I.Yu. Okolnishnikova**

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

The article describes the proposed and approved algorithm for assessing the optimality of key indicators of management of industrial enterprise logistics processes. The algorithm is based on the Fuzzy Set Theory and allows us to predict the results of the planned complex of management decisions in addition to assessing the optimal nature of combinations of key indicators of logistics management. Advantages of the proposed algorithm is that, in comparison with the traditional methodology of multicriteria estimation by the value of the integral indicator, it allows qualitatively and quantitatively evaluate the optimality of a combination of key parameters of the logistics system, even with the same value of the integral indicator. Optimality is suggested to be evaluated according to the degree of correspondence between the key parameters of the logistics system to the established criteria set of requirements. The criteria set is determined on the basis of the accepted management concept or expert opinion and can be adjusted depending on the specific features of the particular industrial enterprise. The approbation of the proposed algorithm is carried out on the



grounds of the Chelyabinsk Pipe Rolling Plant. Within the approbation, an assessment of the optimality of combinations of key indicators for the management of logistical flow processes was made; it was found that the best complex of properties was the ChTPZ logistics system in 2014 and, to a lesser extent, this system complied with the selected criteria in 2012 and 2013. On the basis of the algorithm, it is possible to predict the consequences of not individual managerial actions, but of their complex. As a result, it becomes possible to analytically predict the characteristics that the logistics system of an industrial enterprise will acquire after the impact of a combination of management measures on it.

**Keywords:** logistics of industrial enterprises, algorithm for evaluating the optimality of management of logistics processes, Fuzzy Set Theory, key management indicators, forecasting the consequences of a complex of management actions.

### References

1. Altunin A.E., Semukhin M.V. *Modeli i algoritmy prinyatiya resheniy v nechetkikh usloviyakh* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions]. Tyumen', 2002. 265 p.
2. Greyz G.M. *Metodologiya analiticheskogo obespecheniya logisticheskogo me-nedzhmenta promyshlennogo predpriyatiya* [Methodology of analytical support of industrial enterprise logistics management]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2016. 210 p.
3. Greyz G.M. [Logistic entropy as one of the indicators of the analytical support system for streaming processes in an industrial enterprise]. *Ekonomika i biznes. Vzgl'yad molodykh: Sb. mat-lov mezhdunar. zaochnoy nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh, 15 dek. 2015 g.* [Economics and business. A glance of the young: Proceedings of the International. Extramural Science-to-Practice Conference of Young Scientists, Dec. 15, 2015]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2016, pp. 119–123. (in Russ)
4. Greyz G.M. *Informatsionno-analiticheskoe obespechenie sistemy upravleniya logisticheskimi potokovymi protsessami promyshlennogo predpriyatiya* [Informational and analytical support of a system for managing the flow of industrial processes in an industrial enterprise]. Avtoref. dis. d-ra ekon. nauk. St. Petersburg, 2017. 42 p.
5. Greyz G.M. [Application of a fuzzy logistic model for determining the optimal combination of key parameters of the logistic system of an industrial enterprise]. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem (elektronnyy nauchnyy zhurnal)* [Modern research of social problems (electronic scientific journal)], 2014, no. 10. (in Russ) DOI: 10.12731/2218-7405-2014-10-8
6. Greyz G.M., Kuzmenko Yu.G., Khateev I.V. [Analysis of Cooperation Concepts of Main Logistical Flows]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship], 2013, no. 5(227), pp. 26–32. (in Russ)
7. Grigor'ev M.N., Dolgov A.P., Uvarov S.A. *Logistika* [Logistics]. Moscow, 2006. 463 p.
8. Ukhobotov V.I. *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i ee prilozheniya* [Introduction to the Fuzzy Set Theory and its applications]. Chelyabinsk, 2005. 133 p.
9. Ukhobotov V.I. *Izbrannye glavy teorii nechetkikh mnozhestv* [Selected chapters of the Fuzzy Set Theory]. Chelyabinsk, 2011. 245 p.

**Georgiy M. Greyz**, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Logistics and Trade Economy Department of the School of Economics and Management, South Ural State University, Chelyabinsk, ggreyz09@mail.ru

**Yulia G. Kuzmenko**, Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, Professor of the Logistics and Trade Economy Department of the School of Economics and Management, South Ural State University, Chelyabinsk.

**Irina Yu. Okolnishnikova**, Doctor of Sciences (Economics), Professor of the Marketing Department of the School of Economics and Management, South Ural State University, Chelyabinsk.

Received 17 September 2017

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Грейз, Г.М. Апробация алгоритма оценки оптимальности управления логистическими процессами промышленного предприятия / Г.М. Грейз, Ю.Г. Кузменко, И.Ю. Окольнишникова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2017. – Т. 11, № 4. – С. 133–141. DOI: 10.14529/em170418

### FOR CITATION

Greiz G.M., Kuzmenko Yu.G., Okolnishnikova I.Yu. Approbation of the Algorithm for Estimating the Optimality of the Management of Logistical Processes of an Industrial Enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2017, vol. 11, no. 4, pp. 133–141. (in Russ.). DOI: 10.14529/em170418