УДК 519.816

С. П. ОНИЩЕНКО, А. И. ЛЕОНТЬЕВА

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ «НЕЧЕТКОСТИ» УСЛОВИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ

Рассматривается модель формирования оптимального состава программы. По своей структуре и содержанию модель учитывает основные параметры и отражает основные требования, которые предъявляются к программам развития. В частности, в качестве целевой функции предлагается использовать «ценность» программы. Одним из «узких» мест практической реализации предлагаемой модели является сложность в установлении композиции функций принадлежностей множества проектов в различных комбинациях и «дефаззификация» полученных значений в рамках оптимизационной модели. Потому в рамках данного исследования продемонстрирован прием, позволяющий избежать указанной процедуры и обеспечивающий сведение исходной модели к модели, детерминированной с одновременным снижением ее размерности.

Ключевые слова: программа, проект, ценность, управление содержанием, модель, нечеткие множества.

С. П. ОНИЩЕНКО, А. І. ЛЕОНТ'ЄВА

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ В УМОВАХ «НЕЧІТКОСТІ» УМОВ І РЕЗУЛЬТАТІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ

Розглядається модель формування оптимального складу програми. За своєю структурою і змістом модель враховує основні параметри і відображає основні вимоги, які пред'являються до програм розвитку. Зокрема, в якості цільової функції пропонується використовувати «цінність» програми. Одним з «вузьких» місць практичної реалізації пропонованої моделі є складність у встановленні композиції функцій приладдя множини проектів в різних комбінаціях і «дефазифікація» отриманих значень в рамках оптимізаційної моделі. Тому в рамках даного дослідження продемонстрований прийом, що дозволяє уникнути зазначеної процедури і забезпечує зведення вихідної моделі до моделі детермінованої з одночасним зниженням її розмірності.

Ключові слова: програма, проект, цінність, управління змістом, модель, нечіткі множини.

S. P. ONYSHCHENKO, A. I. LEONTIEVA

PRACTICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT PROGRAM OPTIMIZATION UNDER "FUZZY" CONDITIONS AND PROJECT RESULTS

The model of formation of the optimal development program composition is considered. The model takes into account the basic parameters and reflects the main requirements for development programs. In particular, it is proposed to use the program's "value" as an optimization criterion. One of the "narrow" places for the practical implementation of the proposed model is the difficulty in establishing the composition of the functions of belonging to the set of projects in various combinations and "defuzzification" the obtained values within the optimization model. Therefore, in this study, a special technique has been demonstrated which makes it possible to avoid this procedure and ensures that the original model is reduced to a deterministic model while simultaneously reducing its dimension. Experimental verification of a model using fuzzy values was successfully carried out and the following results were obtained: the model was confirmed to be correct and the results obtained on its basis were proved to be reliable; the procedure of operating with fuzzy data outside the model and the use of "defuzzified" values for further optimization was demonstrated; the possibility of reducing the dimension of the original problem on the basis of a preliminary analysis of the initial data for the model was demonstrated; the flexibility of modeling and the possibility of moving from one form of the model to another with the help of aggregation and change of variables, which allows to operate with standard optimization applications in the absence of special software, was demonstrated as well.

Key words: program, project, value, program score management, model, fuzzy sets.

Введение. Все мероприятия, направленные на развитие современных компаний, реализуются посредством *проектов* и *программ*. Современная теория управления проектами пополняется новыми средствами обоснования решений в процессах управления, в том числе разрабатываются *математические модели*, которые формализуют процессы отбора проектов, оптимизируют их параметры и т.п.

Математические модели являются средством, которое позволяет получать обоснованные математически с учетом системных связей решения и осуществлять эксперименты «что будет, если…» в рамках подготовки соответствующих решений. При этом следует отметить, что даже теоретически «выверенная» и корректная модель может оказаться сложно применимой на практике. Причин этому несколько, основные из них: прежде всего, отсутствие необходимой информации при формировании числового вида модели для конкретных условий; а также невозможность использования стандартных приложений и необходимость разработки соответствующего программного обеспечения.

Поэтому практическая апробация моделей и их экспериментальная проверка являются неотъемлемой частью любого исследования. В рамках практических расчетов могут применяться различные приемы и процедуры, направленные на:

а) уменьшение размерности решаемой задачи;

б) использование возможностей стандартного программного обеспечения.

Анализ последних исследований. Программы развития компаний, как правило, разрабатываются в условиях отсутствия достоверной информации о будущем состоянии среды и самой компании. Неопределенность, которая при этом наблюдается, не всегда может быть охарактеризована и описана в терминах *теории вероятностей*, прежде всего, ввиду отсутствия информации, достаточной для использования *методов математической статистики*. Поэтому в теории управления проектами широкое распространение получили модели и методы, оперирующие нечеткими множествами (например, [1 – 4]). В частности, в работе [2] представлен *метод отбора*

© С. П. Онищенко, А. И. Леонтьева, 2018

проектов и его экспериментальная апробация на базе *теории возможностей* и использовании *трапециевидных нечетких интервалов*. В [3, 4] разработаны *модели оптимизации портфеля проектов* с учетом нечеткой природы входной информации. В [5] для формализации процесса отбора проектов в программу развития разработана модель, в которой используемая информация является нечеткой. Тем не менее, в данном исследовании задача решается только теоретически и не иллюстрируется соответствующими расчетами.

В современных публикациях представлены также работы, посвященные практическим аспектам расчетов по *моделям с нечеткими значениями*. В частности, в работе [6] сравнивается использование различных методов оптимизации в условиях «нечеткости». Тем не менее, каждая конкретная модель дает возможность применения специфических подходов и распространения данного опыта на близкие по структуре и структуре информации модели. Таким образом, обращение к проблеме практической апробации и экспериментальных расчетов по моделям с «нечеткими» данными является актуальным ввиду их широкого их применения на теоретическом уровне и незначительным исследованием вопросов реализации на практике.

Постановка задачи. Рассматривается модель формирования оптимального состава программы, предложенная в [4]. Одним из «узких» мест практической реализации предлагаемой модели является, в частности, сложность в установлении композиции функций принадлежностей множества проектов в различных комбинациях и «дефаззификация» полученных значений в рамках оптимизационной модели. Потому в рамках данного исследования продемонстрирован прием, позволяющий избежать указанной процедуры и обеспечивающий сведение модели к модели, детерминированной с одновременным снижением ее размерности.

В качестве теоретической базы оперирования нечеткими данными использовались результаты [7].

Математическая модель. По своей структуре и содержанию модель учитывает основные параметры и отражает основные требования, которые предъявляются к программам развития. В частности, в качестве целевой функции предлагается использовать «ценность» программы.

Пусть выделены n целей технического развития, количественная характеристика которых $Ц_i, i=\overline{1,n}$, которые являются нечеткими множествами. Будем полагать, что $\mu_{Ц_i}(x_i), i=\overline{1,n}$ – функция принадлежности, соответствующая поставленной i – ой цели; x_i – возможные значения нечеткой величины, характеризующей i – ую цель.

Пусть рассматриваются m – проектов. Результаты реализации проекта с позиции конкретной цели являются нечетким числом $\tilde{П}_j^i$ с функцией принадлежности $\mu_{\tilde{П}_j^i}(x_i)$, $i=\overline{1,n}$, $j=\overline{1,m}$. Поставим в соответствие каждому проекту переменную $y_j \in \{0;1\}$, $j=\overline{1,m}$, которая «отвечает» за отбор проекта в программу. При этом может быть задано ограничение на количество проектов программы.

В качестве критерия оптимизации используется достижение первой по приоритетности цели, таким образом, *целевая функция модели* имеет вид:

$$\sup_{x_1}\left\{\mu_{\sum\limits_{j=1}^{m}\tilde{П}_j^1\cdot y_j}(x_1)\cap\mu_{Ц_1}(x_1)\right\}\to\max; \tag{1}$$

ограничения по достижению целей с заданной степенью:

$$\sup_{x_i}\left\{\mu_{\sum\limits_{j=1}^{m}\tilde{П}_j^i\cdot y_j}(x_i)\cap\mu_{Ц_i}(x_i)\right\}\ge\alpha_i,\quad i=\overline{1,n}; \tag{2}$$

ограничение по финансированию:

$$\sup_{z}\left\{\mu_{\sum\limits_{j=1}^{m}\tilde{R}_j^i\cdot y_j}(z)\cap\mu_F(z)\right\}\ge\alpha_F, \tag{3}$$

где $0<\alpha_F<1$ – определяет нижнюю границу степени принадлежности установленному бюджету; $\mu_{\tilde{F}}(z)$ – функция принадлежности для ограничения по бюджету $\tilde{F}$. Таким образом, (3) не позволяет суммарным затратам по проектам $\sum\limits_{j=1}^{m}\tilde{R}_j^i\cdot y_j$ принадлежать «бюджетному» множеству со степенью принадлежности меньше, чем α_F.

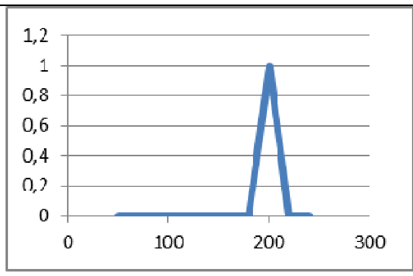
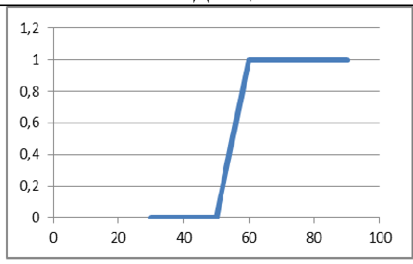
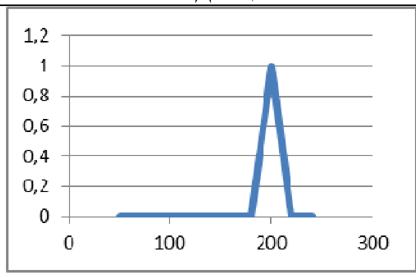
Последнее условие:

$$y_j \in \{0; 1\}, \quad j = \overline{1, m}. \tag{4}$$

Результаты экспериментальных расчетов. Как известно, практическая ценность любой модели состоит в получении на ее основе достоверной информации. Поэтому экспериментальные исследования являются неотъемлемой частью теоретических разработок. Поэтому в данной работе проведем практическую апробацию предложенной модели.

Пусть для рассматриваемой компании заданы три основные цели развития, которые с учетом неопределенности внешней среды задаются в виде нечетких множеств с соответствующими функциями распределения $\mu_{Ц_i}(x_i)$, $i = \overline{1, 3}$, представленными в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики целей развития компании

Характеристики	Степень приоритетности α_i	Функция принадлежности количественного значения цели $\mu_{Ц_i}(x_i)$	Графическое изображение функции принадлежности $\mu_{Ц_i}(x_i)$
Цель 1	0,5	$\mu_{Ц_1}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1 - 180}{20}, x_1 \in [180, 200]; \\ \frac{x_1 - 220}{20}, x_1 \in [200, 220]; \\ 0, x_1 \notin [180, 200]. \end{cases}$	 Рис. 1 – Для цели 1.
Цель 2	0,5	$\mu_{Ц_2}(x_2) = \begin{cases} \frac{x_2 - 50}{10}, x_2 \in [50, 60]; \\ 1, x_2 > 60; \\ 0, x_2 < 50. \end{cases}$	 Рис. 2 – Для цели 2.
Цель 3	0,5	$\mu_{Ц_3}(x_3) = \begin{cases} 1, x_3 \geq 180; \\ 0, x_3 < 180. \end{cases}$	 Рис. 3 – Для цели 3.

Пусть к рассмотрению представлены 5 проектов, результаты которых с позиции каждой цели охарактеризованы *треугольным нечетким числом* (особым видом *нечеткого множества*), а функции принадлежности $\mu_{\tilde{П}^i_j}(x_i)$, $i = \overline{1, 3}$, $j = \overline{1, 5}$ представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Характеристики проектов с позиции достижения целей развития
(функции принадлежности $\mu_{\tilde{П}^{k,1}_j}(x_i)$ результатов реализации проекта с позиции каждой цели)

Характеристики	Цель 1	Цель 2	Цель 3
Проект 1	$\langle 90, 110, 125 \rangle$	$\langle 30, 35, 40 \rangle$	$\langle 120, 130, 140 \rangle$
Проект 2	$\langle 110, 115, 130 \rangle$	$\langle 20, 25, 30 \rangle$	
Проект 3		$\langle 30, 35, 40 \rangle$	$\langle 120, 130, 140 \rangle$
Проект 4	$\langle 85, 110, 130 \rangle$	$\langle 15, 20, 25 \rangle$	$\langle 90, 100, 110 \rangle$
Проект 5	$\langle 95, 110, 125 \rangle$		

Отметим, что результаты реализации проектов задаются в виде треугольных нечетких чисел, что соответствует практическим оценкам по принципу – минимальная, наиболее возможная, максимальная. Треугольные числа имеют специфическую функцию принадлежности, в частности, для первого проекта и первой цели:

$$\mu_{\tilde{\Pi}_1^1}(x_1) = \begin{cases} \dfrac{x_1 - 90}{20},\ x_1 \in [90, 110]; \\ \dfrac{x_1 - 125}{15},\ x_1 \in [110, 125]; \\ 0,\ x_1 \notin [90, 125]. \end{cases}$$

Отметим, что каждый проект не обязательно вносит вклад в достижение каждой цели (что, собственно, отражено в исходных данных). Расходы на реализацию каждого проекта являются также нечеткими треугольными числами $\tilde{R}_j$, $j = \overline{1, 5}$, представленными в табл. 3.

Таблица 3 – Расходы на реализацию проектов

Проект	Расходы по проекту $\tilde{R}_j$
Проект 1	$\langle 90, 95, 100 \rangle$
Проект 2	$\langle 50, 55, 60 \rangle$
Проект 3	$\langle 45, 50, 55 \rangle$
Проект 4	$\langle 60, 65, 70 \rangle$
Проект 5	$\langle 40, 45, 50 \rangle$

Таким образом, параметры управления $y_j \in \{0; 1\}$, $j = \overline{1, 5}$.

Пусть требуется отобрать три проекта для дальнейшей реализации, таким образом, должно быть выполнено условие:

$$\sum_{j=1}^{5} y_j = 3. \tag{5}$$

Основным ограничением в рассматриваемой модели является ресурсное ограничение, согласно которому бюджет программы ограничен финансовыми возможностями компании, заданными нечетким множеством $\tilde{F} = \langle 0, 0, 170, 180 \rangle$ – *нечетким интервалом*.

Основной сложностью при численной реализации рассматриваемой модели является (в условиях отсутствия специального программного обеспечения) подготовка данных для определения величин

$$\sup_{x_i} \left\{ \mu_{\sum_{j=1}^{m} \tilde{\Pi}_j^i \cdot y_j}(x_i) \cap \mu_{\text{Ц}_i}(x_i) \right\},\ i = \overline{1, n} \ \text{ и } \ \sup_{z} \left\{ \mu_{\sum_{j=1}^{m} \tilde{R}_j^i \cdot y_j}(z) \cap \mu_{\tilde{F}}(z) \right\}$$

для решения задачи посредством стандартного «Поиск решения» Excel.

Всю подготовленную информацию сведем в табл. 4.

Варианты программы по составу проектов идентифицируем в виде наборов $(1, 1, 1, 0, 0)$, в частности, данный набор означает, что в программу вошли первые три проекта. Таких наборов согласно комбинаторным формулам для данного количества проектов – $C_5^3 = \dfrac{5!}{3!2!} = 10$.

Отметим, что из возможных процедур дефаззификации был использован наиболее простой для расчетов вариант, при котором детерминированным аналогом нечеткого числа служит такое значение, при котором обеспечивается максимум функции принадлежности, то есть значение, соответствующее

$$\sup_{x_i} \left\{ \mu_{\sum_{j=1}^{m} \tilde{\Pi}_j^i \cdot y_j}(x_i) \cap \mu_{\text{Ц}_i}(x_i) \right\},\ i = \overline{1, n} \ \text{ и } \ \sup_{z} \left\{ \mu_{\sum_{j=1}^{m} \tilde{R}_j^i \cdot y_j}(z) \cap \mu_{\tilde{F}}(z) \right\}.$$

Таблица 4 – Характеристика вариантов состава программы

Состав программы	$\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^1 \cdot y_j}(x_1)$	$\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^2 \cdot y_j}(x_2)$	$\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^3 \cdot y_j}(x_3)$	$\mu_{\sum_{j=1}^{m}\tilde{R}_j^i \cdot y_j}(z)$	Дефаззификация $\mu_{\sum_{j=1}^{m}\tilde{R}_j^i \cdot y_j}(z) \cap \mu_{\tilde{F}}(z)$
$(1, 1, 1, 0, 0)$	$\langle 200, 225, 255 \rangle$	$\langle 80, 95, 110 \rangle$	$\langle 240, 260, 280 \rangle$	$\langle 185, 200, 215 \rangle$	$\varnothing$
$(1, 1, 0, 1, 0)$	$\langle 285, 335, 385 \rangle$	$\langle 65, 80, 95 \rangle$	$\langle 210, 230, 250 \rangle$	$\langle 200, 215, 230 \rangle$	$\varnothing$
$(1, 1, 0, 0, 1)$	$\langle 295, 335, 380 \rangle$	$\langle 65, 80, 95 \rangle$	$\langle 210, 230, 250 \rangle$	$\langle 180, 195, 210 \rangle$	180
$(1, 0, 1, 1, 0)$	$\langle 175, 220, 255 \rangle$	$\langle 75, 90, 105 \rangle$	$\langle 330, 360, 380 \rangle$	$\langle 195, 210, 225 \rangle$	$\varnothing$
$(1, 0, 0, 1, 1)$	$\langle 270, 330, 380 \rangle$	$\langle 45, 55, 65 \rangle$	$\langle 210, 230, 250 \rangle$	$\langle 190, 215, 220 \rangle$	$\varnothing$
$(1, 0, 1, 0, 1)$	$\langle 185, 220, 250 \rangle$	$\langle 60, 70, 80 \rangle$	$\langle 240, 260, 280 \rangle$	$\langle 175, 190, 205 \rangle$	178
$(0, 0, 1, 1, 1)$	$\langle 180, 220, 255 \rangle$	$\langle 45, 55, 65 \rangle$	$\langle 210, 230, 250 \rangle$	$\langle 145, 160, 175 \rangle$	160
$(0, 1, 0, 1, 1)$	$\langle 290, 335, 385 \rangle$	$\langle 35, 45, 55 \rangle$	$\langle 90, 100, 110 \rangle$	$\langle 150, 165, 180 \rangle$	165
$(0, 1, 1, 0, 1)$	$\langle 205, 225, 255 \rangle$	$\langle 50, 60, 70 \rangle$	$\langle 120, 130, 140 \rangle$	$\langle 135, 150, 165 \rangle$	150
$(0, 1, 1, 1, 0)$	$\langle 195, 225, 260 \rangle$	$\langle 65, 80, 95 \rangle$	$\langle 210, 230, 250 \rangle$	$\langle 155, 170, 185 \rangle$	170

Продолжение таблицы 4

Состав программы	$\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^1 \cdot y_j}(x_1) \cap \mu_{Ц_1}(x_1)$	$\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^2 \cdot y_j}(x_2) \cap \mu_{Ц_2}(x_2)$	$\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^3 \cdot y_j}(x_3) \cap \mu_{Ц_3}(x_3)$
$(1, 1, 1, 0, 0)$	214	95	260
$(1, 1, 0, 1, 0)$	$\varnothing$	80	230
$(1, 1, 0, 0, 1)$	$\varnothing$	80	230
$(1, 0, 1, 1, 0)$	208	90	360
$(1, 0, 0, 1, 1)$	$\varnothing$	60	230
$(1, 0, 1, 0, 1)$	210	70	260
$(0, 0, 1, 1, 1)$	208	60	230
$(0, 1, 0, 1, 1)$	$\varnothing$	55	$\varnothing$
$(0, 1, 1, 0, 1)$	214	60	$\varnothing$
$(0, 1, 1, 1, 0)$	212	80	230

Продолжение таблицы 4

Состав программы	$\sup_{x_1}\left\{\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^1 \cdot y_j}(x_1) \cap \mu_{Ц_1}(x_1)\right\}$	$\sup_{x_2}\left\{\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^2 \cdot y_j}(x_2) \cap \mu_{Ц_2}(x_2)\right\}$	$\sup_{x_3}\left\{\mu_{\sum_{j=1}^{5}\tilde{П}_j^3 \cdot y_j}(x_3) \cap \mu_{Ц_3}(x_3)\right\}$
$(1, 1, 1, 0, 0)$	0,4	1	1
$(1, 1, 0, 1, 0)$	0	1	1
$(1, 1, 0, 0, 1)$	0	1	1
$(1, 0, 1, 1, 0)$	0,65	1	1
$(1, 0, 0, 1, 1)$	0	0,9	1
$(1, 0, 1, 0, 1)$	0,55	1	1
$(0, 0, 1, 1, 1)$	0,68	0,9	1
$(0, 1, 0, 1, 1)$	0	0,38	0
$(0, 1, 1, 0, 1)$	0,38	1	0
$(0, 1, 1, 1, 0)$	0,5	1	1

Следует отметить, что после анализа

$$\sup_z \left\{ \mu_{\sum_{j=1}^{m} \tilde{R}_j^i \cdot y_j} (z) \cap \mu_{\tilde{F}} (z) \right\}$$

для вариантов программы только последние четыре набора проектов – $(0, 0, 1, 1, 1)$, $(0, 1, 0, 1, 1)$, $(0, 1, 1, 0, 1)$, $(0, 1, 1, 1, 0)$ – удовлетворяют условию (3), следовательно, остальные варианты наборов могут не рассматриваться в дальнейшем. Отметим, что такой предварительный анализ данных позволяет сократить размерность модели в дальнейшем. Таким образом, от модели (1) – (4) мы переходим к модели, записанной в терминах «наборов» проектов (альтернативных вариантов программы развития).

С учетом уже фильтрации наборов проектов с точки зрения ресурсного ограничения, его в модели не учитываем. В качестве параметров управления используем s_1, s_2, s_3, s_4, соответствующие указанным наборам проектов.

Продолжение таблицы 4

Состав программы	$\sup_z \left\{ \mu_{\sum_{j=1}^{5} \tilde{R}_j \cdot y_j} (z) \cap \mu_{\tilde{F}} (z) \right\}$
$(1, 1, 1, 0, 0)$	0
$(1, 1, 0, 1, 0)$	0
$(1, 1, 0, 0, 1)$	0
$(1, 0, 1, 1, 0)$	0
$(1, 0, 0, 1, 1)$	0
$(1, 0, 1, 0, 1)$	0,2
$(0, 0, 1, 1, 1)$	1
$(0, 1, 0, 1, 1)$	1
$(0, 1, 1, 0, 1)$	1
$(0, 1, 1, 1, 0)$	1

Целевая функция модели имеет вид:

$$0,68 \cdot s_1 + 0,38 \cdot s_3 + 0,5 \cdot s_4 \to \max\ ; \tag{6}$$

ограничения по достижению целей с заданной степенью

$$0,68 \cdot s_1 + 0,38 \cdot s_3 + 0,5 \cdot s_4 \geq 0,5\ ; \tag{7}$$

$$0,9 \cdot s_1 + 0,38 \cdot s_2 + s_3 + s_4 \geq 0,5\ ; \tag{8}$$

$$s_1 + s_4 \geq 0,5\ ; \tag{9}$$

условие выбора только одного набора проектов

$$s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 1\ ; \tag{10}$$

возможные значения параметров управления

$$s_1, s_2, s_3, s_4 \in \{0; 1\}\ . \tag{11}$$

Согласно результатам оптимизации, набор проектов $(0, 0, 1, 1, 1)$ обеспечивает достижение цели в рамках установленных ограничений. Интерпретируя результаты – рекомендуется формировать программу развития из проекта 3, проекта 4, проекта 5.

Перспективы дальнейших исследований. Данное исследование может быть продолжено в двух направлениях:

1) рассматриваемая модель может быть адаптирована к специфическим программам или портфелям компаний с учетом определенной их специфики (например, отраслевой);

2) предложенные примы и процедуры практического применения модели (оперирования нечеткими данными, снижение размерности) могут быть распространены на множество оптимизационных моделей с нечеткими данными.

Кроме того, указанное может быть учтено при разработке новых моделей, учитывающих «нечеткую» природу условий.

Выводы. Таким образом, в данной работе успешно проведена экспериментальная проверка модели, использующей нечеткие значения, в ходе которой:

1) подтверждена корректность модели и достоверность результатов, полученных на ее основе;

2) продемонстрирована процедура оперирования нечеткими данными вне модели и использования «дефаззифицированных» значений в дальнейшем оптимизации;

3) продемонстрирована возможность снижения размерности изначальной задачи на базе предварительного анализа исходных данных для модели;

4) продемонстрирована гибкость моделирования и возможность перехода от одной формы модели к другой с помощью укрупнения и замен переменных, что позволяет в условиях отсутствия специального программного обеспечения оперировать стандартными оптимизационными приложениями.

Список литературы

1. *Онищенко С. П., Арабаджи Е. С.* Формирование оптимального состава программы развития предприятия // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 6. – № 3 (54). – С. 60 – 66.
2. *Rudenko S., Andrievska V.* Concept of project selection and its formalization in the absence of complete information // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 2. – Issue 3 (80). – P. 4 – 10.
3. *Кононенко И. В., Букреева К. С.* Метод формирования портфеля проектов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – 6/2 (42). – С. 15 – 19.
4. *Аньшин В. М., Демкин И. В., Никонов И. М., Царьков И. Н.* Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности. – М. : МАТИ, 2007. – 117 с.
5. *Onyshchenko S., Leontieva A.* Modeling of the optimal composition of the enterprise technical development program // Technology audit and production reserves. – 2018. – № 5(2). – С. 36 – 41.
6. *Артемов М. А., Матвеев М. Г., Стародубцев И. Ю.* Исследование задачи линейного программирования с нечеткими параметрами // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – №. 7. – Вып. 12 – 1. – С. 39 – 42.
7. *Леоненков А.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 719 с.

References (transliterated)

1. Onyshchenko S. P. Arabadzhi E. S. Formirovanie optimal'nogo sostava programmy razvitiya predpriyatiya [Forming optimal enterprise development program]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East-European Journal of Advanced Technologies]. 2011, vol. 6, no. 3 (54), pp. 60–66.
2. Rudenko S., Andrievska V. Concept of project selection and its formalization in the absence of complete information. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016, vol. 2, issue 3 (80), pp. 4–10.
3. Kononenko I. V., Bukreeva K. S. Metod formirovaniya portfelya proyektov [The method of project portfolio formation]. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East-European Journal of Advanced Technologies]. 2009, issue 6/2 (42), pp. 15–19.
4. An'shin V. M, Demkin I. V., Nikonov I. M., Tsar'kov I. N. *Modeli upravleniya portfelem proyektov v usloviyakh neopredelennosti* [Models of project portfolio management in conditions of uncertainty]. Moscow, MATI Publ., 2007. 117 p.
5. Onyshchenko S., Leontieva A. Modeling of the optimal composition of the enterprise technical development program. *Technology audit and production reserves*. 2018, no. 5 (2), pp. 36–41.
6. Artemov M. A., Matveyev M. G., Starodubtsev I.Yu. Issledovaniye zadachi lineynogo programmirovaniya s nechetkimi parametrami [Research of the linear programming problem with fuzzy parameters]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. 2011, no.7, issue 12–1, pp. 39–42.
7. Leonenkov A. V. *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modeling in MATLAB environment and fuzzyTECH]. Saint Petersburg, BKHV Peterburg Publ., 2005. 736 p.

Поступила (received) 26.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / Information about authors

Онищенко Світлана Петрівна (Онищенко Светлана Петровна, Onyshchenko Svitlana Petrivna) – доктор економічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту морського бізнесу Одеського національного морського університету, м. Одеса; тел.: (067) 557-76-46; e-mail: onyshenko@gmail.com.

Леонтьєва Анна Ігорівна (Леонтьева Анна Игоревна, Leontieva Anna Igorivna) – аспірант, Одеський національний морський університет, м. Одеса; тел.: (063) 121-28-92; e-mail: leontieva.ann.13@gmail.com.