

УДК 519.876.2

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММ ОБУЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ERP-СИСТЕМЫ

**Зимин А.В.<sup>1</sup>**, к.т.н., директор (iva70221@rambler.ru)

**Буркова И.В.<sup>2</sup>**, д.т.н., ведущий научный сотрудник (irbur27@mail.ru)

**Митьков В.В.<sup>3</sup>**, старший преподаватель кафедры автоматизации и  
информационных систем (vita-m@ngs.ru)

**Зимин В.В.<sup>3</sup>**, д.т.н., профессор кафедры автоматизации и информационных  
систем (zimin.1945@mail.ru)

<sup>1</sup> ООО «Аудит ЭнергоНовосибирск»

(654005, Россия, Новосибирск, ул. Татарская, 83)

<sup>2</sup> Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН

(117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65)

<sup>3</sup> Сибирский государственный индустриальный университет

(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

**Аннотация.** Один из важных факторов, определяющий длительность начальной (опытно-промышленной) эксплуатации ERP-системы, – это качество подготовки пользователей к совместной работе в интегрированной (на уровне элементарных транзакций) системе управления. Очевидно, что длительность начальной эксплуатации и соответствующие потери от инцидентов, возникающих при эксплуатации ERP-системы, могут быть существенно уменьшены не только за счет качественного проектирования и тестирования ERP-системы, но в значительной мере за счет повышения уровня компетенций пользователей, достигаемых посредством обучения. Приводится математическая постановка задачи формирования программы обучения для пользователей ERP-системы крупной металлургической компании, в которой критерием является общее приращение компетенций пользователей в результате реализации программы обучения. Процедура решения задачи базируется на методе сетевого программирования, который опирается на структурно-подобное сетевое представление критерия и ограничений. В работе приведены общая схема и пример решения исследуемой задачи, в котором отдельные оценочные задачи решены методом дихотомического программирования. Полученные приближенные решения поставленной задачи могут быть улучшены посредством нахождения глобального оптимума исходной задачи методом ветвей и границ, в котором в качестве границ применяются значения целевой функции найденного приближенного решения. На практике бывает целесообразно рассмотреть задачу, обратную к рассмотренной в статье, в которой критерием являются затраты на обучение. В силу структурного подобия функций приращения компетенций и затрат на обучение обратная задача может быть решена по той же схеме, что предложена для прямой задачи. Рассмотренная задача может быть обобщена посредством учета предпочтений пользователей относительно значимости отдельных программ относительно других с помощью введения соответствующих «весов». Общая схема решения задачи при этом не изменится.

**Ключевые слова:** ERP-система, пользователь, программа обучения, компетенция, инцидент, задача оптимизации, метод сетевого программирования, структурно-подобные функции, оценочная задача, метод ветвей и границ.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-10-813-817

К одному из важных факторов, определяющим длительность начальной (опытно-промышленной) эксплуатации ERP-системы, относится качество подготовки пользователей к совместной работе в интегрированной (на уровне элементарных транзакций) системе управления. На рис. 1 приведены два графика зависимости количества инцидентов, возникающих по вине пользователей на начальном периоде эксплуатации, от качества обучения пользователей ( $A$  – хорошее обучение,  $B$  – неудовлетворительное) [1 – 5].

Очевидно, что длительность начальной эксплуатации и соответствующие потери от инцидентов могут быть существенно уменьшены не только за счет качественного проектирования и тестирования ERP-систе-

мы [1, 2, 6 – 8], но в значительной мере за счет повышения уровня компетенций пользователей.

Пусть  $\left\{ \left\{ p_{ji} \mid i = \overline{1, n_j} \right\} \mid j = \overline{1, m} \right\}$  – множество программ обучения, реализуемых консалтинговой компанией, участвующей в создании ERP-системы. Здесь  $j$  – номер бизнес-процесса,  $i$  – номер программы обучения,  $p_{ji}$  –  $i$ -ая программа обучения для  $j$ -го бизнес-процесса,  $n_j$  – количество программ обучения для  $j$ -го процесса,  $m$  – количество бизнес-процессов. Обозначим через  $c_{ji} = c(p_{ji})$  стоимость обучения одного пользователя по программе  $p_{ji}$ , через  $q_{ji} = q(p_{ji})$  – «приращение» компетенции пользователя (которое будем оценивать в баллах) в результате обучения по программе  $p_{ji}$ , че-

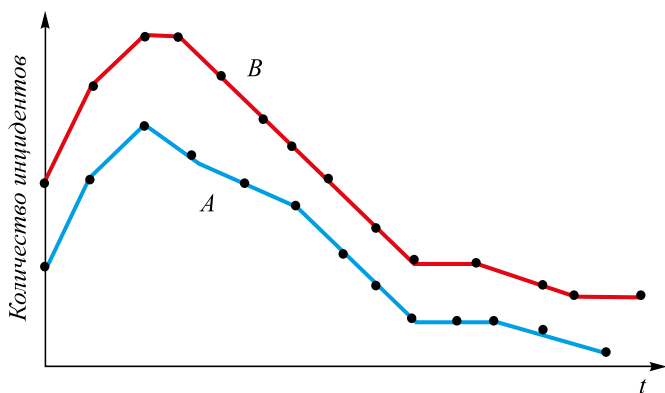


Рис. 1. Зависимость количества инцидентов на начальном периоде эксплуатации ERP-системы от качества обучения пользователей

Fig. 1. Dependence of incidents number at the initial period of ERP system operation on quality of users training

рез  $k_{ji} = k(p_{ji})$  – количество пользователей, которых желательно обучить по программе  $p_{ji}$ . Положим также, что руководство каждого бизнес-процесса накладывает ограничение на минимальное количество  $k_j^* \leq \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji}$

прошедших обучение пользователей, при котором оно может приступить к начальной эксплуатации. Обозначим через  $c^*$  предельный объем средств, который руководство предприятия может направить на обучение пользователей.

**Формализация задачи.** Введем переменную

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{ji} \text{ включена в программу обучения} \\ & \text{пользователей;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Рассмотрим следующую математическую модель рассматриваемой задачи:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max; \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \leq c^*; \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*, j = \overline{1, m}. \tag{3}$$

Решением задачи (1) – (3) является такая программа  $\{x_{ji} | i = \overline{1, n_j}\}_{j = \overline{1, m}}$  обучения пользователей, которая максимизирует суммарное «приращение» компетенций пользователей (соотношение (1)) при заданном ограничении  $c^*$  на предельный объем средств, выделенных на обучение (соотношение (2)), и которая удовлетворяет заданным руководством бизнес-процессов ограничениям на минимально необходимое количество пользователей, подлежащих обучению ( $m$  соотношений (3)).

**Схема решения задачи.** Для решения задачи (1) – (3) применим метод сетевого программирования, который предполагает последовательное решение цепочки оценочных задач, формируемой на основе структурно-подобного сетевого представления целевой функции и ограничений [9 – 14]. Один из вариантов сетевого представления критерия и ограничений сводит решение задачи (1) – (3) к последовательностям задач, выполняемых на двух этапах.

1. Решение методом дихотомического программирования  $m$  задач формирования программ обучения пользователей  $x_j = \{x_{ji} | i = \overline{1, n_j}\}_{j = \overline{1, m}}$  для каждого бизнес-процесса:

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max; \tag{4}$$

$$c_j = \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \leq c^*; \tag{5}$$

$$k_j = \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*. \tag{6}$$

Структурно-подобное сетевое представление функций  $q_j, c_j, k_j$ , используемое для определения последовательности оценочных подзадач для задач (4) – (6), дано на рис. 2.

2. Решение методом дихотомического программирования задачи:

$$q = \sum_{j=1}^m q_j x_j \rightarrow \max; \tag{7}$$

$$c = \sum_{j=1}^m c_j x_j \leq c^*. \tag{8}$$

Структурно-подобное сетевое представление функций  $q$  и  $c$  приведено на рис. 3.

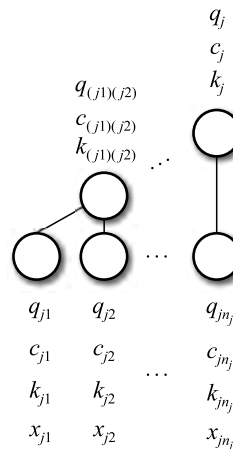


Рис. 2. Сетевое представление функций  $q_j, c_j, k_j$

Fig. 2. Network representation of  $q_j, c_j, k_j$  functions

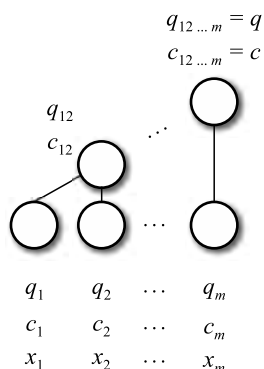


Рис. 3. Сетевое представление функций  $q$  и  $c$

Fig. 3. Network representation of functions  $q$  and  $c$

Это представление сводит решение задачи (7) – (8) к последовательному решению  $(m - 1)$  задачи на основе  $m$  решений, полученных на этапе  $I$ .

**Пример.** Рассмотрим случай с тремя бизнес-процессами ( $m = 3$ ) и соответственно с тремя ( $n_1 = 3$ ), двумя ( $n_2 = 2$ ) и двумя ( $n_3 = 2$ ) программами обучения для этих процессов. Исходные данные для программ обучения приведены в табл. 1.

Положим, что  $c^* = 1100$ . Заметим, что  $c = \sum_{m=1}^3 \sum_{i=1}^{n_i} c_{ji} = 1512$ , т.е. выделенных ресурсов не хватает для обучения всех пользователей. В соответствии со схемой решения решаем задачи (4) – (6) для каждого  $j, j = 1, 3$ .

1. Решение задачи (4) – (6) для  $j = 1$ :

оценка значений  $q_{(11)(12)}, c_{(11)(12)}, k_{(11)(12)}$

		6	18
1		2	5
		128	308
		0	12
0		0	3
		0	180
$x_{12}$	$x_{11}$	0	1

оценка значений  $q_1 = q_{(11)(12)(13)}, c_1 = c_{(11)(12)(13)}, k_1 = k_{(11)(12)(13)}$

Т а б л и ц а 1

**Исходные данные программ обучения**

Table 1. Initial data of training programs

	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{31}$	$P_{32}$
$q_{ji}$	4	3	5	3	4	5	3
$k_{ji}$	3	2	3	4	3	4	2
$c_{ji}$	60	64	90	54	90	90	54
	$k_1 \geq k_1^* = 5$		$k_2 \geq k_2^* = 3$		$k_3 \geq k_3^* = 2$		

		15	27	21	33
1		3	6	5	8
		270	450	398	578
		0	12	6	18
0		0	3	2	5
		0	180	128	308
$x_{13}$	$x_{11}x_{12}$	00	10	01	11

Решения, выделенные курсивом, недопустимы по ограничению  $k_1 \geq k_1^* = 5$ .

Допустимые решения задачи для первого процесса следующее:

$q_1$	27	18	21	33
$k_1$	6	5	5	8
$c_1$	450	308	398	578
$x_1 = x_{11}x_{12}x_{13}$	101	110	011	111

Аналогично решаем задачу (4) – (6) для  $j = 2$ :

оценка значений  $q_2 = q_{(21)(22)}, c_2 = c_{(21)(22)}, k_2 = k_{(21)(22)}$

		12	24
1		3	7
		270	486
		0	12
0		0	4
		0	216
$x_{22}$	$x_{21}$	0	1

Решение (12,4,216) доминирует решение (12,3,270).

Допустимые решения задачи для второго процесса:

$q_2$	27	24
$k_2$	4	7
$c_2$	216	486
$x_2 = x_{21}x_{22}$	10	11

Решение задачи (4) – (6) для  $j = 3$ :

оценка значений  $q_3 = q_{(31)(32)}, c_3 = c_{(31)(32)}, k_3 = k_{(31)(32)}$

		6	26
1		2	6
		108	468
		0	20
0		0	4
		0	360
$x_{32}$	$x_{31}$	0	1

Допустимые решения задачи для третьего процесса:

$q_3$	6	20	26
$k_3$	2	4	6
$c_3$	108	360	468
$x_3 = x_{31}x_{32}$	01	10	11

2. Решение задачи (7) – (8):

Оценка значений  $q_{12}$ ,  $c_{12}$ ,  $k_{12}$  приведена в табл. 2, 3.

Курсивом отмечены недопустимые по ограничению решения. Лучшее решение выделено подчеркиванием.

При необходимости полученное решение, которое в общем является приближенным, может быть улучшено посредством применения метода ветвей и границ [15 – 20].

На практике бывает целесообразно рассмотреть задачу, обратную к рассмотренной:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \rightarrow \min;$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \geq q^* ;$$

$$\sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*, j = \overline{1, m}.$$

В силу структурного подобия функций  $c$  и  $q$  она может быть решена по той же схеме, что и прямая задача.

**Выводы.** Предложенный механизм позволяет так распределить ограниченные средства, выделенные на обучение пользователей бизнес-процессов, чтобы максимизировать их суммарную компетентность, существенным образом влияющей на длительность начальной эксплуатации ERP-системы.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL: TSO, 2007. – 173 p.

2. Основы управления жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации (лучшие практики ИТЛ): Учеб. пособие / В.В. Зимин, А.А. Ивушкин, С.М. Кулаков, К.А. Ивушкин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013. – 500 с.

3. Зимин В.В., Митьков В.В., Зимин А.В. Формирование функционального объема и рабочих групп ERP-проекта предприятия // Изв. вуз. Черная металлургия. 2017. № 12. С. 998 – 1004.

4. Зимин В.В., Митьков В.В., Зимин А.В. Календарное планирование ИТ-сервисов ERP-проекта предприятия // Изв. вуз. Черная металлургия. 2018. № 4. С. 319 – 325.

5. Зимин В.В., Буркова И.В., Митьков В.В., Зимин А.В. Оптимизация объема пилотного тестирования ERP-системы // Изв. вуз. Черная металлургия. 2018. № 6. С. 478 – 484.

6. Математические основы управления проектами / Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высшая школа, 2005. – 432 с.

7. Phillips J.J., Bothell T.W., Snead G.L. The project management scorecards. – Amsterdam: Elsevier, 2003.

8. Wysocky R.K., Beck R., Crane D.B. Effective project management. – N.Y. John Wiley & Sons, 2000.

9. Novikov D.A. Maanagment of active system: stability or efficiency // System Science. 2001. Vol. 26. No. 2. P. 85 – 93.

10. Андронникова Н.Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В. Комплексное оценивание в задачах регионального развития. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.

11. The principles of project management / Pennypacker J.S. ed. – N.Y.: PMI/ 1997.

12. Lientz В.P., Rea К.P. Project management for the 21-st centure. – San Diego: Academic Press. 1998.

13. Bellman R. Mathematical aspects of scheduling theory // Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics. 1956. Vol. 4. P. 168 – 205.

14. Turner J.R. The handbook of project-based management. – London: McGraw-Hill Companies, 1999.

15. Вагнер Г. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1972. – 198 с.

16. Gafarov E.R., Lazarev A.A., Werner F. On Lower and Upper Bounds for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem // Preprint 8/10, FMA, Otto-von-Guericke-Universitat Magdeburg, 2010. – 27 p.

17. Уздемир А.П. Динамические целочисленные задачи оптимизации в экономике. – М.: Физматлит, 1995. – 269 с.

18. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы. – М.: Физматлит, 2007. – 304 с.

19. Лазарев А.А. Графический подход к решению задач комбинаторной оптимизации // Автоматика и телемеханика. 2007. № 4. С. 13 – 23.

20. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами: Научно-практическое издание. – М.: СИНТЕГ – ГЕО, 1997. – 188 с.

Т а б л и ц а 2

Оценка значений  $q_{12}$ ,  $c_{12}$ ,  $k_{12}$

Table 2. Evaluation of  $q_{12}$ ,  $c_{12}$ ,  $k_{12}$

$q_{12}$	54	51	45	42	48	45	60	57
$k_{12}$	10	13	9	13	9	12	12	15
$c_{12}$	666	936	524	794	614	884	794	1064
$x_1$	101	101	110	110	011	011	111	111
$x_2$	10	11	10	11	10	11	10	11

Поступила 13 октября 2017 г.

Т а б л и ц а 3

Оценка значений  $q = q_{123}$ ,  $c = c_{123}$ ,  $k = k_{123}$

Table 1. Evaluation of  $q = q_{123}$ ,  $c = c_{123}$ ,  $k = k_{123}$

$q = q_{123}$	60	51	54	66	74	65	68	80	80	71	<u>74</u>	86
$k = k_{123}$	12	11	11	14	14	13	13	16	16	15	<u>15</u>	18
$c = c_{123}$	774	632	722	902	1026	884	974	1154	1134	992	<u>1082</u>	1262
$x_1$	101	110	011	111	101	110	011	111	101	110	<u>011</u>	111
$x_2$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	<u>10</u>	10
$x_3$	01	01	01	01	10	10	10	10	11	11	<u>11</u>	11

## DEVELOPMENT OF TRAINING PROGRAMS FOR USERS OF ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEM

*A.V. Zimin*<sup>1</sup>, *I.V. Burkova*<sup>2</sup>, *V.V. Mit'kov*<sup>3</sup>, *V.V. Zimin*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LLC “Audit EnergoNovosibirsk”, Russia, Novosibirsk

<sup>2</sup> V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, RAS, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia

**Abstract.** One of the important factors (may be, the main one) determining duration of initial (trial) operation of Enterprise Resource Planning (EPR) is quality of users training to collaboration in integrated (at the level of elementary transactions) control system. It is obvious that duration of initial operation and corresponding losses from the incidents arising at EPR operation can be significantly reduced not only due to high-quality design and EPR testing, but, considerably, due to increase in level of competences of users reached by their training. Mathematical definition of training program development for EPR users of large metallurgical company is given in the article. The main criterion there is general increment of users' competences as a result of implementation of training program. Procedure of task solution is based on method of network programming which relies on structural and similar network representation of criterion and restrictions. General scheme and an example of solution of the studied task are provided in which separate estimated tasks are solved by method of dichotomizing programming. Received approximate solutions of an objective can be improved by means of finding global optimum of initial task by method of branches and borders in which values of criterion function of found approximate decision are applied as borders. In practice it is expedient to consider a task, opposite to described in the article in which costs of training are the criterion. Owing to structural similarity of functions of an increment of competences and costs of training the return task can be decided according to the same scheme that it is offered for a direct task. The considered task can be generalized by taking into account the preferences of users regarding the significance of individual programs relative to others by introducing appropriate “scales”. General scheme of task solution won't change.

**Keywords:** ERP-system, user, training program, competence, incident, optimization tasks, network programming method, structurally similar functions, assessment task, branch and boundary method.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-10-813-817

### REFERENCES

1. OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL: TSO, 2007, 173 p.
2. Zimin V.V., Ivushkin A.A., Kulakov S.M., Ivushkin K.A. *Osnovy upravleniya zhiznennym tsiklom servisov sistem informatiki i avtomatizatsii (luchshie praktiki ITIL): Ucheb. posobie* [Basics of lifecycle management of services of computer science and automation systems (best practices of ITIL): Tutorial]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2013, 500 p. (In Russ.).
3. Zimin V.V., Mit'kov V.V., Zimin A.V. Formation of functional volume and working groups of ERP-project of the enterprise. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2017, no. 12, pp. 998–1004. (In Russ.).
4. Zimin V.V., Mit'kov V.V., Zimin A.V. Calendar planning of IT-services of the enterprise's ERP-project. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2018, no. 4, pp. 319–325. (In Russ.).
5. Zimin V.V., Burkova I.V., Mit'kov V.V., Zimin A.V. Scoping of pilot testing of enterprise resource planning. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2018, no. 6, pp. 478–484. (In Russ.).
6. *Matematicheskie osnovy upravleniya proektami* [Mathematical foundations of project management]. Burkova V.N. ed. Moscow: Vysshaya shkola, 2005, 432 p. (In Russ.).
7. Phillips J.J., Bothell T.W., Snead G.L. *The project management scorecards*. Amsterdam: Elsevier, 2003.
8. Wysocky R.K., Beck R., Crane D.B. *Effective project management*. N.Y.: John Wiley & Sons, 2000.
9. Novikov D.A. Management of active system: stability or efficiency. *System Science*. 2001, vol. 26, no. 2, pp. 85–93.
10. Andronnikova N.G., Burkov V.N., Leont'ev S.V. *Kompleksnoe otsenivanie v zadachakh regional'nogo razvitiya* [Comprehensive assessment in tasks of regional development]. Moscow: IPU RAN, 2002, 54 p. (In Russ.).
11. *The principles of project management*. Pennypacker J.S. ed. N.Y.: PMI, 1997.
12. Lientz B.P., Rea K.P. *Project management for the 21-st century*. San Diego: Academic Press. 1998.
13. Bellman R. Mathematical aspects of scheduling theory. *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics*. 1956, vol. 4, pp. 168–205.
14. Turner J.R. *The handbook of project-based management*. London: McGraw-Hill Companies, 1999.
15. Wagner Harvey M. *Principles of operations research*. Prentice-Hall, 1967. (Russ.ed.: Vagner G. *Osnovy issledovaniya operatsii*. Moscow: Mir, 1972, 198 p.).
16. Gafarov E.R., Lazarev A.A., Werner F. *On Lower and Upper Bounds for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. Preprint 8/10, FMA. Otto-von-Guericke-Universitat Magdeburg, 2010, 27 p.
17. Uzdemir A.P. *Dinamicheskie tselochislennye zadachi optimizatsii v ekonomike* [Dynamic integer optimization problems in economics]. Moscow: Fizmatlit, 1995, 269 p. (In Russ.).
18. Sigal I.Kh., Ivanova A.P. *Vvedenie v prikladnoe diskretnoe programmirovaniye: modeli i vychislitel'nye algoritmy* [Introduction to applied discrete programming: models and computational algorithms]. Moscow: Fizmatlit, 2007, 304 p. (In Russ.).
19. Lazarev A.A. Graphic approach to combinatorial optimization. *Automation and Remote Control*. 2007, vol. 68, no. 4, pp. 583–592.
20. Burkov V.N., Novikov D.A. *Kak upravlyat' proektami: Nauchno-prakticheskoe izdanie* [How to manage projects: Scientific and practical edition]. Moscow: SINTEG – GEO, 1997, 188 p. (In Russ.).

### Information about the authors:

*A.V. Zimin*, Cand. Sci. (Eng.), Director (iva70221@rambler.ru)

*I.V. Burkova*, Dr. Sci. (Eng.), Leading Researcher

(irbur27@mail.ru)

*V.V. Mit'kov*, Senior Lecturer of the Chair “Automation and Information Systems” (vita-m@ngs.ru)

*V.V. Zimin*, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Automation and Information Systems” (zimin.1945@mail.ru)

Received October 13, 2018