

УДК 519.876.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕМА ПИЛОТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ERP-СИСТЕМЫ

Зимин В.В.¹, д.т.н., доцент кафедры автоматизации и информационных систем (zimin.1945@mail.ru)

Буркова И.В.², д.т.н., ведущий научный сотрудник (irbur27@mail.ru)

Митьков В.В.¹, старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных систем (vita-m@ngs.ru)

Зимин А.В.³, к.т.н., директор (iva70221@rambler.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Институт проблем управления РАН
(117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65)

³ ООО «Аудит ЭнергоНовосибирск»
(630005, Россия, Новосибирск, ул. Татарская, 83)

Аннотация. К числу важных задач создания ERP-системы относится планирование пилотного тестирования. Пилотные (их также называют экспериментальными) проекты имеют целью тестирование основных функций создаваемой системы ограниченным количеством «продвинутых» пользователей. Ключевой задачей при планировании пилотного тестирования является определение его объема. Если объем пилотного проекта мал, тогда принципиально важные функции системы могут быть не проверены, и вероятность обнаружения существенных ошибок при полном внедрении будет высокой. Если же объем велик, то значительно увеличивается объем работ по реализации пилотного проекта, и не будет необходимой быстроты и гибкости тестирования основных функций, из-за которых и организуется пилотное тестирование, и его эффективность будет близка к эффективности полного внедрения. Приводится математическая постановка задачи определения объема пилотного тестирования, которая опирается на результаты решения задач формирования портфеля ИТ-сервисов и календарного планирования создания ERP-системы крупной металлургической компании. Решением рассматриваемой задачи являются множества подлежащих проверке сервисов и связей между ними, удовлетворяющие заданному ограничению на объем ресурсов, выделенных на реализацию тестирования, и доставляющие оптимум заданному критерию. Процедура решения задачи базируется на методе сетевого программирования, который опирается на структурно-подобное сетевое представление критерия и ограничений. Приведены процедура и пример решения исследуемой задачи, в котором отдельные оценочные задачи решены методом дихотомического программирования. Полученные приближенные решения поставленной задачи могут быть улучшены посредством решения двойственной задачи сетевого программирования. С целью нахождения глобального оптимума исходной задачи может быть использован метод ветвей и границ, в котором в качестве границ применяются значения целевой функции найденных приближенных решений. Рассмотренная задача может быть обобщена посредством учета предпочтений потребителей ИТ-сервисов относительно качества проверки различных связей сервисов. Эти предпочтения могут быть учтены с помощью введения «весов» соответствующих связей. Общая схема решения задачи при этом не меняется.

Ключевые слова: пилотное тестирование, портфель ИТ-сервисов, ERP-система, задача оптимизации, метод сетевого программирования, структурно-подобные функции, оценочная задача, обобщенная задача сетевого программирования, метод ветвей и границ.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-6-478-484

Пилотные (экспериментальные) проекты предназначены для тестирования ограниченным количеством пользователей неполного множества сервисов создаваемой системы (основных функциональных возможностей системы). То есть содержание пилотного проекта задается множеством ИТ-сервисов (функциональный объем тестирования), подлежащих проверке, и множеством пользователей, которые будут проверять функционирование этих сервисов [1 – 4]. Если объем пилотного проекта слишком мал, тогда принципиально важные функции системы будут недостаточно протестированы, а вероятность обнаружения существенных ошибок при полном внедрении будет высока. Если предметная об-

ласть слишком велика, то значительно увеличивается объем работ по реализации пилотного проекта, то есть не будет необходимой быстроты и гибкости, из-за которых и организуется пилотное проектирование, и его эффективность будет близка к эффективности полного внедрения.

Пусть $S = \{S_j | j = \overline{1, m}\} = \{\{s_{ji} | i = \overline{1, n_j}\} | j = \overline{1, n_j}\}$ – портфель сервисов создаваемой ERP-системы (j – номер бизнес-процесса; i – номер сервиса в бизнес-процессе); расписание разработки сервисов портфеля, являющееся результатом формирования и календарного планирования проектирования сервисов, представлено на рис. 1 [5].

Обозначим через $t_{ji} = t(s_{ji})$ длительность времени разработки сервиса s_{ji} , а через T^p – момент времени начала пилотного тестирования. Момент времени T_{ji} окончания проектирования сервиса s_{ji} определяется соотношением

$$T_{ij} = \sum_{k=1}^i t_{jk}. \quad (1)$$

Тогда множество $S(T^p)$ сервисов, разработанных к моменту времени T^p начала пилотного тестирования, из которых может быть сформирован пилотный проект, определяется соотношением

$$\begin{aligned} S(T^p) &= \{S_j(T^p) \mid j = \overline{1, m}\} = \\ &= \{\{s_{ji} \mid T_{ji} \leq T^p\} \mid j = \overline{1, m}\} \subset S. \end{aligned} \quad (2)$$

Для упрощения обозначений перенумеруем сервисы множества $S(T^p)$ так, что

$$\begin{aligned} S(T^p) &= \{S_j(T^p) \mid j = \overline{1, m}\} = \\ &= \left\{ \left\{ s_{ji} \mid i = \overline{1, n_j^p} \right\} \mid j = \overline{1, n_j^p} \right\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Обозначим через $q_{ji}^{rk} = q(s_{ji}, s_{rk})$ количество связей между активами сервисов s_{ji}, s_{rk} .

В соответствии с определением пилотное тестирование предполагает проверку ограниченным числом «продвинутых» пользователей корректного функционирования «базовых» функций создаваемой системы. Это означает, что задача формирования объема пилотного проекта состоит в определении тех сервисов из $S(T^p)$ и тех связей этих сервисов, которые должны быть подвергнуты тестированию [6 – 17].

Формализация задачи. Введем следующие переменные:

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если сервис } s_{ji} \text{ подлежит тестированию;} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (4)$$

и

$$x_{ji}^{rk} = \begin{cases} 1, & \text{если связи сервиса } s_{ji} \text{ с } s_{rk} \text{ подлежат} \\ & \text{тестированию;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (5)$$

Общее количество связей между сервисами, подлежащее проверке при пилотном тестировании, описывается функцией

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} \left(\sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} q_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \right) x_{ji}. \quad (6)$$

Функциональный объем пилотного тестирования зависит от величины затрат, выделяемых на его проведение. Под затратами можно, в частности, понимать

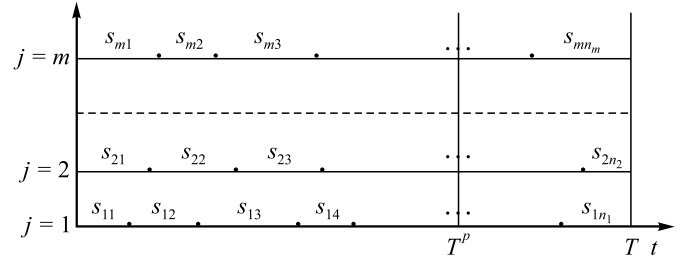


Рис. 1. Календарный план разработки ИТ-сервисов

Fig. 1. Schedule for the development of IT services

количество рабочих человеко-дней компетентных пользователей, которое руководство предприятия может позволить себе изъять из текущей основной деятельности. Пусть c^* – предельный объем допустимых затрат. Обозначим через $c_{ji}^{rk} = c(s_{ji}, s_{rk})$ затраты, требуемые для проверки связей между сервисами s_{ji} и s_{rk} . Общие затраты на проверку связей, подлежащих тестированию, будут выражены как

$$c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} \left(\sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} c_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \right) x_{ji}. \quad (7)$$

Фрагмент матрицы связей между активами множества сервисов $S(T^p)$ и значений соответствующих затрат на тестирование этих связей приведены в табл. 1. Далее, как в табл. 1, значения q (количество связей) приведены в первой строке, значения c (затрат) – во второй.

Положим также, что руководство каждого бизнес-процесса накладывает ограничения на общее количество n_j^* подлежащих тестированию сервисов бизнес-процесса и на количество \bar{n}_j^* сервисов смежных бизнес-процессов, с которыми должны быть проверены связи тестируемых сервисов. Рассмотрим далее следующий вариант формализации рассматриваемой задачи:

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} \left(\sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} q_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \right) x_{ji} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} q_{ji} x_{ji} = \sum_{j=1}^m q_j \rightarrow \max; \quad (8)$$

$$c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} \left(\sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} c_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \right) x_{ji} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} c_{ji} x_{ji} = \sum_{j=1}^m c_j \leq c^*; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{n_j^p} x_{ji} \geq n_j^*, \quad j = \overline{1, m}; \quad (10)$$

$$\sum_{r \neq j} \sum_{i=1}^{n_r^p} x_{ri} \geq \bar{n}_j^*, \quad j = \overline{1, m}. \quad (11)$$

Задача состоит в нахождении таких $x_{ji}, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n_j^p}$, и $x_{ji}^{rk}, j, r = \overline{1, m}, i, k = \overline{1, n_j^p}$, которые максимизируют количество q проверяемых связей между тестируемыми сервисами при заданных допустимых затратах c^* и ограничениях (10) и (11).

Т а б л и ц а 1

Фрагмент матрицы связей между активами сервисов множества $S(T^p)$

Table 1. Fragment of matrix of links between the assets of the $S(T^p)$ set services

	s_{11}	s_{12}	...	$s_{1n_1^p}$	s_{21}	s_{22}	...	$s_{2n_2^p}$	...	s_{m1}	s_{m2}	...	$s_{mn_m^p}$
s_{11}	q_{11}^{11} c_{11}^{11}	q_{11}^{12} c_{11}^{12}	...	$q_{11}^{1n_1^p}$ $c_{11}^{1n_1^p}$	q_{11}^{21} c_{11}^{21}	q_{11}^{22} c_{11}^{22}	...	$q_{11}^{2n_2^p}$ $c_{11}^{2n_2^p}$	...	q_{11}^{m1} c_{11}^{m1}	q_{11}^{m2} c_{11}^{m2}	...	$q_{11}^{mn_m^p}$ $c_{11}^{mn_m^p}$
s_{12}	q_{12}^{11} c_{12}^{11}	q_{12}^{12} c_{12}^{12}	...	$q_{12}^{1n_1^p}$ $c_{12}^{1n_1^p}$	q_{12}^{21} c_{12}^{21}	q_{12}^{22} c_{12}^{22}	...	$q_{12}^{2n_2^p}$ $c_{12}^{2n_2^p}$	...	q_{12}^{m1} c_{12}^{m1}	q_{12}^{m2} c_{12}^{m2}	...	$q_{12}^{mn_m^p}$ $c_{12}^{mn_m^p}$
...
$s_{1n_1^p}$	$q_{1n_1^p}^{11}$ $c_{1n_1^p}^{11}$	$q_{1n_1^p}^{12}$ $c_{1n_1^p}^{12}$	...	$q_{1n_1^p}^{1n_1^p}$ $c_{1n_1^p}^{1n_1^p}$	$q_{1n_1^p}^{21}$ $c_{1n_1^p}^{21}$	$q_{1n_1^p}^{22}$ $c_{1n_1^p}^{22}$	...	$q_{1n_1^p}^{2n_2^p}$ $c_{1n_1^p}^{2n_2^p}$	...	$q_{1n_1^p}^{m1}$ $c_{1n_1^p}^{m1}$	$q_{1n_1^p}^{m2}$ $c_{1n_1^p}^{m2}$	...	$q_{1n_1^p}^{mn_m^p}$ $c_{1n_1^p}^{mn_m^p}$
s_{21}	q_{21}^{11} c_{21}^{11}	q_{21}^{12} c_{21}^{12}	...	$q_{21}^{1n_1^p}$ $c_{21}^{1n_1^p}$	q_{21}^{21} c_{21}^{21}	q_{21}^{22} c_{21}^{22}	...	$q_{21}^{2n_2^p}$ $c_{21}^{2n_2^p}$	...	q_{21}^{m1} c_{21}^{m1}	q_{21}^{m2} c_{21}^{m2}	...	$q_{21}^{mn_m^p}$ $c_{21}^{mn_m^p}$
s_{22}	q_{22}^{11} c_{22}^{11}	q_{22}^{12} c_{22}^{12}	...	$q_{22}^{1n_1^p}$ $c_{22}^{1n_1^p}$	q_{22}^{21} c_{22}^{21}	q_{22}^{22} c_{22}^{22}	...	$q_{22}^{2n_2^p}$ $c_{22}^{2n_2^p}$	...	q_{22}^{m1} c_{22}^{m1}	q_{22}^{m2} c_{22}^{m2}	...	$q_{22}^{mn_m^p}$ $c_{22}^{mn_m^p}$

Схема решения задачи. Для решения задачи (8) – (11) применим метод сетевого программирования, который предполагает последовательное решение цепочки оценочных задач, формируемой на основе структурно подобного сетевого представления целевой функции и ограничений [18, 19]. Для упрощения последующих вычислений положим, что затраты c_j^* на тестирование связей сервисов j -го процесса определяются пропорционально числу этих связей:

$$c_j^* = \frac{c^* \sum_{i=1}^{n_j^p} \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} c_{ji}^{rk}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} c_{ji}^{rk}}. \quad (12)$$

Теперь для задачи (8) – (11) цепочки оценочных задач можно реализовать в три этапа.

1. Последовательное решение для каждого сервиса каждого процесса задачи определения подлежащих проверке связей:

$$q_{ji} = \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} q_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \rightarrow \max; \quad (13)$$

$$c_{ji} = \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^p} c_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \leq c_j^*, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n_j^p}; \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^{n_j^p} x_{ji} \geq n_j^*, \quad j = \overline{1, m}; \quad (15)$$

$$\sum_{r \neq j} \sum_{i=1}^{n_j^p} x_{ri} \geq \bar{n}_j^*, \quad j = \overline{1, m}. \quad (16)$$

Структурно-подобное сетевое представление функций q_{ji} и c_{ji} дано на рис. 2.

2. Последовательное решение m ($j = \overline{1, m}$) задач:

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_j^p} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max; \quad (17)$$

$$c_j = \sum_{i=1}^{n_j^p} c_{ji} x_{ji} \leq c_j^*, \quad j = \overline{1, m}; \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^{n_j^p} x_{ji} \geq n_j^*, \quad j = \overline{1, m}; \quad (19)$$

$$\sum_{r \neq j} \sum_{i=1}^{n_j^p} x_{ri} \geq \bar{n}_j^*, \quad j = \overline{1, m}. \quad (20)$$

Структурно-подобное сетевое представление функций q_j и c_j дано на рис. 3.

3. Последовательное решение $(m - 1)$ оценочной задачи для определения решения задачи:

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max; \quad (21)$$

$$c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^p} c_{ji} x_{ji} \leq c^*. \quad (22)$$

Структурно-подобное сетевое представление функций q и c дано на рис. 4.

Чтобы улучшить полученное на основе предложенной цепочки оценочных задач приближенное решение, можно воспользоваться методом ветвей и границ, в котором в качестве границ использовать значения q найденного приближенного решения [20].

Пример. Рассмотрим случай двух процессов ($m = 2$), соответственно, с тремя и четырьмя сервисами ($n_1^p = 3$, $n_2^p = 4$). Матрица связей между сервисами и соответствующие этим связям затраты на тестирование приведены в табл. 2.

Положим $c^* = 260$, тогда

$$c_1^* = \frac{260 \cdot 55}{130} = 110, \quad (23)$$

а $c_2^* = 260 - 110 = 150$.

В соответствии со схемой решения на первом этапе решаем семь задач (13) – (16) для каждого сервиса согласно сетевому представлению рис. 2. Положим $n_1^* = 2$, $\bar{n}_1^* = 1$ для первого процесса и $n_2^* = 3$, $\bar{n}_2^* = 2$.

Решение для сервиса s_{11} :

1	2	10
	8	27
0	0	8
		19
x_{11}^{12}	x_{11}^{11}	0
		1

Оценка функций $q_{11}^{(11)(12)(13)}$ и $c_{11}^{(11)(12)(13)}$:

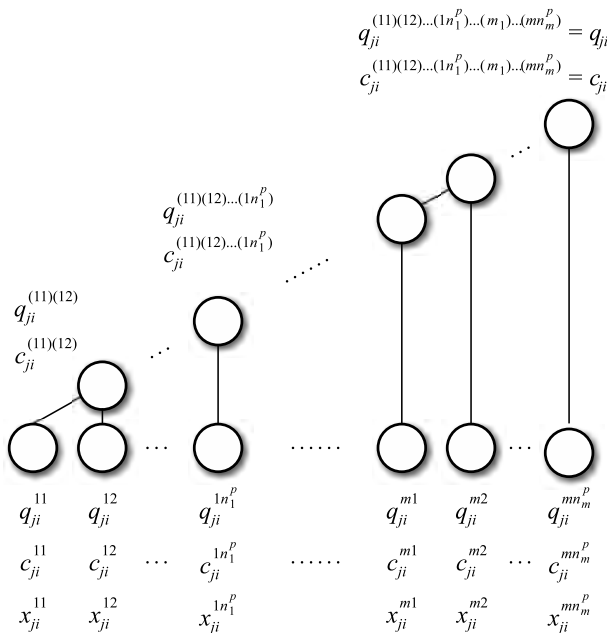


Рис. 2. Сетевое представление функций q_{ji} и c_{ji}

Fig. 2. Network representation of q_{ji} and c_{ji} functions

1	4	12	6	14
	15	34	23	42
0	0	8	2	10
	0	19	8	27
x_{11}^{13}	x_{11}^{11}	x_{11}^{12}	00	10
			01	11

Решение с оценками (8, 19) доминирует решение (6, 23).

Оценка функций $q_{11}^{(11)(12)(13)(21)(22)}$ и $c_{11}^{(11)(12)(13)(21)(22)}$:

1	3	11	15	13	7	15	17
	12	31	20	39	27	46	54
0	0	8	2	10	4	12	14
	0	19	8	29	15	34	42
x_{11}^{22}	x_{11}^{11}	x_{11}^{12}	x_{11}^{13}	x_{11}^{21}	x_{11}^{22}	x_{11}^{23}	x_{11}^{24}
	000	100	010	110	001	101	111
	0	0	0	0	0	0	0

Выделенные курсивом решения недопустимы по ограничениям (15).

Оценка функций $q_{11} = q_{11}^{(11)(12)(13)(21)(22)(23)(24)}$ и $c_{11} = c_{11}^{(11)(12)(13)(21)(22)(23)(24)}$:

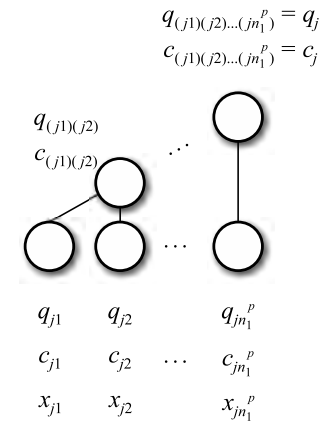


Рис. 3. Сетевое представление функций q_j и c_j

Fig. 3. Network representation of q_j and c_j functions

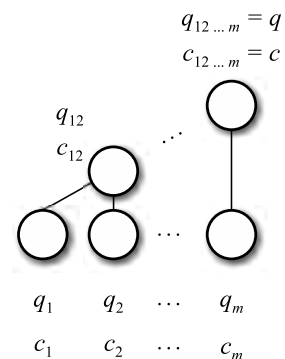


Рис. 4. Сетевое представление функций q и c

Fig. 4. Network representation of q and c functions

Т а б л и ц а 2

Количества связей между сервисами и затраты на их тестирование

Table 2. The number of links between services and the costs of their testing

	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{21}	s_{22}	s_{23}	s_{24}	$\sum_{r=1}^2 \sum_{k=1}^{n_r^p}$	$\sum_{t=1}^{n_j^p} \sum_{r=1}^2 \sum_{k=1}^{n_r^p}$	$\sum_{j=1}^2 \sum_{t=1}^{n_j^p} \sum_{r=1}^2 \sum_{k=1}^{n_r^p}$
s_{11}	8 19	2 8	4 15	0 0	3 12	0 0	3 7	20 61		
s_{12}	3 11	7 18	4 9	1 5	0 0	2 7	0 0	17 50		
s_{13}	3 7	2 6	9 30	0 0	2 4	0 0	2 6	18 53	55 164	
s_{21}	2 4	0 0	3 6	6 21	1 4	2 5	1 4	15 44		
s_{22}	2 6	0 0	1 4	1 4	10 23	3 7	2 4	19 48		
s_{23}	0 0	2 7	2 8	2 6	3 12	8 27	4 10	21 70		
s_{24}	1 4	0 0	2 9	0 0	4 12	2 4	11 34	20 63	75 225	130 389

0	13	15	17	16	18	20
	34	41	49	46	53	61
1	10	12	14	13	15	17
	27	34	42	39	46	54

x_{11}^{24}
 $x_{11}^{11} x_{11}^{12} x_{11}^{13} x_{11}^{21} x_{11}^{22} x_{11}^{23}$ 110 101 111 110 101 111
 000 000 000 010 010 010

Выделенные курсивом решения недопустимы по ограничениям (16). Решение (13, 34) доминирует ре-

Т а б л и ц а 3

Оценочные решения для сервиса s_{11}

Table 3. Assessment solutions for the s_{11} service

q_{11}^{11} c_{11}^{11}	13 34	15 41	17 49	16 46	18 53	20 61
$x_{11}^{11} x_{11}^{12} x_{11}^{13}$ $x_{11}^{21} x_{11}^{22} x_{11}^{23} x_{11}^{24}$	$x_{11}^1 =$ 110 0001	$x_{11}^2 =$ 101 0001	$x_{11}^3 =$ 111 0001	$x_{11}^4 =$ 110 0101	$x_{11}^5 =$ 101 0101	$x_{11}^6 =$ 111 0101

шение (13, 39), решение (18, 53) – (17, 54), решение (16, 46) – (15, 46). Шесть итоговых оценочных решений для сервиса s_{11} представлены в табл. 3.

Аналогичным образом находим решения для других сервисов. В табл. 4 представлены решения для сервисов s_{12} и s_{13} .

На втором этапе решаем для каждого процесса задачи (17) – (20) в соответствии с сетевым представлением рис. 3. Решение для первого процесса ($j = 1$): выполнив вычисления, исключая недопустимые по ограничению $c_{(11)(12)} > c_1^* = 110$ и $c_{(11)(12)(13)} > c_1^* = 110$, а также те, которые доминируются другими, получим три следующих лучших решения:

Оценка функций $q_1 = q_{(11)(12)(13)}$ и $c_1 = c_{(11)(12)(13)}$:

$x_{11}^1 x_{12}^2 x_{13}^7$	$x_{11}^1 x_{12}^5 x_{13}^7$	$x_{11}^2 x_{12}^6 x_{13}^5$
40	40	40
110	109	109

Выполнив аналогичные вычисления для второго процесса, исключая недопустимые по ограничению $c_{(21)(22)} > c_2^* = 150$, $c_{(21)(22)(23)} > c_2^* = 150$, $c_{(21)(22)(23)(24)} > c_2^* = 150$, а также те, которые доминируются другими, получим два следующих лучших решения:

Т а б л и ц а 4

Оценочные решения для сервиса s_{12} и s_{13}

Table 4. Assessment solutions for the s_{12} and s_{13} service

Оценочные решения для сервиса s_{12}								
q_{12} c_{12}	8 25	12 32	15 43	9 27	13 34	16 45	14 39	17 50
$x_{12}^{11} x_{12}^{12} x_{12}^{13}$ $x_{12}^{21} x_{12}^{22} x_{12}^{23} x_{12}^{24}$	$x_{12}^1 =$ 101 1000	$x_{12}^2 =$ 011 1000	$x_{12}^3 =$ 111 1000	$x_{12}^4 =$ 101 0010	$x_{12}^5 =$ 011 0010	$x_{12}^6 =$ 111 0010	$x_{12}^7 =$ 011 1010	$x_{12}^8 =$ 111 1010
Оценочные решения для сервиса s_{13}								
q_{13} c_{13}	7 17	14 41	13 40	16 47	9 23	16 47	15 46	18 53
$x_{13}^{11} x_{13}^{12} x_{13}^{13}$ $x_{13}^{21} x_{13}^{22} x_{13}^{23} x_{13}^{24}$	$x_{13}^1 =$ 110 0100	$x_{13}^2 =$ 101 0100	$x_{13}^3 =$ 011 0100	$x_{13}^4 =$ 111 0101	$x_{13}^5 =$ 110 0101	$x_{13}^6 =$ 101 0101	$x_{13}^7 =$ 011 0101	$x_{13}^8 =$ 111 0101

Оценка функций $q_1 = q_{(11)(12)(13)}$ и $c_1 = c_{(11)(12)(13)}$:

$x_{21}^2 x_{22}^1 x_{23}^2 x_{24}^4$	$x_{21}^3 x_{22}^1 x_{23}^3 x_{24}^3$
54	53
150	148

На третьем этапе решаем задачи (21) – (22) в соответствии с сетевым представлением рис. 4.

Решение для первых двух процессов ($j = 1$ и $j = 2$): выполнив вычисления, исключая решения, которые доминируются другими, получим три следующих лучших решения:

$x_{11}^1 x_{12}^2 x_{13}^7$	$x_{11}^1 x_{12}^5 x_{13}^7$	$x_{11}^2 x_{12}^6 x_{13}^5$
$x_{21}^2 x_{22}^1 x_{23}^2 x_{24}^4$	$x_{21}^2 x_{22}^1 x_{23}^2 x_{24}^4$	$x_{21}^2 x_{22}^1 x_{23}^2 x_{24}^4$
94	94	94
260	259	259

Выводы. Рассмотренная задача может быть обобщена посредством учета предпочтений потребителей ИТ-сервисов относительно качества проверки различных связей сервисов. Эти предпочтения могут быть учтены с помощью введения «весов» соответствующих связей. Общая схема решения задачи при этом не меняется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL: TSO, 2007. – 173 p.
2. Беликов Д.В. Применение сервисной модели для удовлетворения ИТ-потребностей предприятий // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2011. № 84. С. 9 – 14.
3. Зимин В.В., Буркова И.В., Зимин А.В. Модели и механизмы управления жизненным циклом ИТ-сервисов. LAP LAMBERT, 2017. – 336 с.
4. 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.
5. 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.
6. Модели и методы оптимизации региональных программ развития / Н.Г. Андронникова, С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, А.М. Контенко. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 60 с.
7. Андронникова Н.Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В. Комплексное оценивание в задачах регионального управления. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
8. Механизмы управления организационными проектами / В.Г. Балашов, А.Ю. Заложнев, А.А. Ивашенко, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН. 2003. – 84 с.
9. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 1999. – 55 с.
10. Задачи распределения ресурсов в управлении проектами / П.С. Баркалов, И.В. Буркова, А.В. Глаголев, В.Н. Колпачев. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.
11. Задачи управления материально-техническим снабжением в рыночной экономике / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, Н.Н. Образцов. – М.: ИПУ РАН, 2000. – 58 с.
12. Баркалов С.А., Бурков В.Н. Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 56 с.
13. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide), 2000. – 215 p.
14. Christensen D.S. An analysis of costs overruns on defense acquisition contracts // International Journal of Project Management. 1993. Vol. 24. № 3. P. 43 – 48.
15. Czamecki M.T. Managing by measuring: How to improve your organization's performance through effective benchmarking. – N.Y.: American management association, 1999. – 268 p.
16. Dinsmore P.C. Winning in business with enterprise project management. – N.Y.: American management association, 1999. – 271 p.
17. Fleming Q.W., Hoppelman J.M. Earned value Project Management. PMI, 1996. – 141 p.
18. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: Автореф. дисс. д.т.н. – М., 2012. – 40 с.
19. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации // Автоматика и телемеханика. 2009. № 10. С. 15 – 21.
20. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – 368 с.

Поступила 28 декабря 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. Vol. 61. No. 6, pp. 478–484.

SCOPING OF PILOT TESTING OF ENTERPRISE RESOURCE PLANNING

V.V. Zimin¹, I.V. Burkova², V.V. Mit'kov¹, A.V. Zimin³

¹ Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk

² V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, RAS, Russia, Moscow

³ LLC "Audit EnergoNovosibirsk", Russia, Novosibirsk

Abstract. Planning of pilot testing is among important problems of creation of Enterprise resource planning. Pilot (experimental) projects are intended for testing of the main functions of the created system by limited number of "advanced" users. A key task when planning pilot testing is determination of its volume. If the volume of the pilot project is small, then essentially important functions of system can be not checked, and the probability of detection of essential mistakes at full introduction will be high. If the volume is big, then amount of works on implementation of the pilot project considerably increases,

and there will be no necessary speed and flexibility of testing of the main functions, because of which pilot testing is organized, and its efficiency will be close to efficiency of full introduction. The article describes mathematical problem definition of pilot testing scoping which relies on results of the solution of formation problems of a portfolio of IT services and creation scheduling of Enterprise resource planning of the large metallurgical company. The solutions for the considered task are sets of the services and communications which are subject to check between them satisfying to the set restriction for volume of the resources allocated for testing realization, and delivering an optimum to the set criterion. The procedure of the task solution is based on network programming method which relies on structural and similar network representation of criterion and restrictions. The procedure and an example of the solution of the studied task in which separate estimated tasks are solved by method of dichotomizing programming are shown. The received approximate solutions of an objective can be improved

by means of the solution of a dual problem of network programming. For the purpose of finding of initial task global optimum, the method of branches and borders can be used in which the criterions of function of the found approximate solutions are applied as border values. The considered task can be generalized for preferences of the consumers of IT service concerning need of check of services various communications. These preferences can be considered by introduction of “scales” of the corresponding communications. The general scheme of the solution of a task at the same time doesn’t change.

Keywords: pilot testing, IT services portfolio, ERP system, optimization problem, network programming method, structurally similar functions, evaluation task, generalized network programming problem, branch and boundary method.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-6-478-484

REFERENCES

1. OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL: TSO, 2007, 173 p.
2. Belikov D.V. Application of service model to meet the IT needs of enterprises. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2011, no. 84, pp. 9–14. (In Russ.).
3. Zimin V.V., Burkova I.V., Zimin A.V. *Modeli i mekhanizmy upravleniya zhiznennym tsiklom IT-servisov* [Models and mechanisms for life cycle management of IT services]. LAP LAMBERT, 2017, 336 p.
4. 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.).
5. 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.).
6. Andronnikova N.G., Barkalov S.A., Burkov V.N., Kotenko A.M. *Modeli i metody optimizatsii regional'nykh programm razvitiya* [Models and methods for regional development programs optimization]. Moscow: IPU RAN, 2001, 60 p. (In Russ.).
7. Andronnikova N.G., Burkov V.N., Leont'ev S.V. *Kompleksnoe otsenivanie v zadachakh regional'nogo upravleniya* [Comprehensive assessment in regional administration tasks]. Moscow: IPU RAN, 2002, 54 p. (In Russ.).
8. Balashov V.G., Zalozhnev A.Yu., Ivashenko A.A., Novikov D.A. *Mekhanizmy upravleniya organizatsionnymi proektami* [Management mechanisms of organizational projects]. Moscow: IPU RAN, 2003, 84 p. (In Russ.).
9. Barkalov S.A., Burkov V.N., Gilyazov N.M. *Metody agregirovaniya v upravlenii proektami* [Methods of aggregation in project management]. Moscow: IPU RAN, 1999, 55 p. (In Russ.).
10. Barkalov P.S., Burkova I.V., Glagolev A.V., Kolpachev V.N. *Zadachi raspredeleniya resursov v upravlenii proektami* [Methods of aggregation in project management]. Moscow: IPU RAN, 2002, 65 p. (In Russ.).
11. Barkalov S.A., Burkov V.N., Kurochka P.N., Obraztsov N.N. *Zadachi upravleniya material'no-tekhnicheskimi snabzheniem v rynochnoi ekonomike* [Tasks of procurement management in market economy]. Moscow: IPU RAN, 2000, 58 p. (In Russ.).
12. Barkalov S.A., Burkov V.N. *Minimizatsiya upushchennoi vygody v zadachakh upravleniya proektami* [Minimization of lost profits in project management tasks]. Moscow: IPU RAN, 2001, 56 p. (In Russ.).
13. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*, 2000, 215 p.
14. Christensen D.S. An analysis of costs overruns on defense acquisition contracts. *International Journal of Project Management*. 1993, vol. 24, no. 3, pp. 43–48.
15. Czamecki M.T. *Managing by measuring: How to improve your organization's performance through effective benchmarking*. N.Y.: American management association, 1999, 268 p.
16. Dinsmore P.C. *Winning in business with enterprise project management*. N.Y.: American management association, 1999, 271 p.
17. Fleming Q.W., Hoppelman J.M. *Earned value Project Management*. PMI, 1996. 141 p.
18. Burkova I.V. *Metod setevogo programmirovaniya v zadachakh upravleniya proektami: avtoref. dis... doktora tekhn. nauk* [Method of network programming in project management tasks: Extended Abstract of Dr. Sci. Diss.]. Moscow, 2012, 40 p. (In Russ.).
19. Burkova I.V. A method of network programming in problems of nonlinear optimization. *Automation and Remote Control*. 2009, vol. 70, no. 10, pp. 1606–1612.
20. Korbut A.A., Finkel'shtein Yu.Yu. *Diskretnoe programmirovaniye* [Discrete programming]. Moscow: Nauka, 1969, 368 p. (In Russ.).

Information about the authors:

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

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

Received December 28, 2017