ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕМА И РАБОЧИХ ГРУПП ERP-ПРОЕКТА ПРЕДПРИЯТИЯ

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

Митьков В.В.¹, ст. преподаватель кафедры автоматизации и информационных систем

Зимин А.В.², к.т.н., директор

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

² ООО «Аудит ЭнергоНовосибирск»
(630005, Россия, Новосибирск, ул. Татарская, 83)

Аннотация. Критически важной при создании ERP-системы предприятия является первая очередь системы. Одновременное внедрение всех сервисов для всех бизнес-процессов предприятия, как правило, не представляется возможным или целесообразным по различным причинам: отсутствие достаточных ресурсов, трудности создания в короткие сроки необходимой технической инфраструктуры, большие риски радикальной перестройки действующей системы управления и др. Вследствие этого в функциональный объем первой очереди проекта включаются ИТ-сервисы, обеспечивающие эффективное функционирование наиболее взаимосвязанных бизнес-процессов. В работе приводятся математическая постановка и процедура решения задачи определения портфеля ИТ-сервисов, реализующих функции основных бизнес-процессов и составляющих функциональный объем первой очереди ERP-системы крупной металлургической компании. Постановка задачи учитывает три важных показателя эффективности ERP-проекта: размер бюджета проекта, количество связей между ИТ-сервисами, составляющими функциональный объем проекта (его «интеграционное ядро»), количество унаследованных проектных решений из систем «лоскутной» компьютеризации, находящих применение в ERP-системе. Первый из этих показателей принят в качестве критерия задачи, остальные два – в качестве ее ограничений. В результате формализации рассматриваемая задача сводится к задаче целочисленного квадратичного программирования. Для решения задачи применен метод сетевого программирования в модификации, используемой для решения задач нелинейного программирования. Метод декомпозирует сложную исходную задачу на обобщенную двойственную задачу сетевого программирования и совокупность существенно более простых подзадач. Приведен пример решения исследуемой задачи, в котором обобщенная двойственная задача сетевого программирования решена методом множителей Лагранжа, а отдельные подзадачи решены методом дихотомического программирования, который сводит решение подзадач к решению последовательности простых оценочных задач. Решение задачи формирования портфеля сервисов предоставляет исходные данные для задачи календарного планирования реализации сервисов проектными группами, отвечающими за компьютеризацию отдельных бизнес-процессов предприятия.

Ключевые слова: бизнес-процесс, портфель ИТ-сервисов, ERP-проект, задача нелинейного программирования, метод сетевого программирования, обобщенная задача сетевого программирования, метод множителей Лагранжа.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-12-998-1004

Создание ERP-системы включает разработку ИТ-сервисов [1 – 7], реализующих основные операции бизнес-процессов, выполняемых на предприятии. Критически важной представляется первая очередь системы, успешное внедрение которой зависит от качественного формирования проектных групп и подмножеств тех ИТ-сервисов для них, которые в совокупности составляют «интеграционное ядро» ERP-проекта [8 – 12]. Одновременное внедрение всех сервисов для всех бизнес-процессов, как правило, не представляется возможным или целесообразным по различным причинам: отсутствие достаточных ресурсов, трудности создания в короткие сроки необходимой технической инфраструктуры, большие риски радикальной перестройки действующей системы управления и др. Вследствие этого в функциональный объем первой очереди проекта включаются ИТ-сервисы, обеспечивающие эффективное функционирование наиболее взаимосвязанных бизнес-процессов предприятия.

Формализация задачи. Пусть $j, j = \overline{1, t}$, обозначает номер бизнес-процесса, а $i, i = \overline{1, n_j}$ – номер ИТ-сервиса в j -ом бизнес-процессе, тогда $S_j = \{s_{ji} | i = \overline{1, n_j}\}$ – множество сервисов j -го бизнес-процесса. Обозначим также через r_{ji}^{pk} количество связей между конфигурационными элементами сервисов s_{ji} и s_{pk} (рис. 1).

Заметим, что $r_{ji}^{pk} \neq r_{pk}^{ji}$, в частности, для рис. 1 будет $r_{ji}^{pk} = 9, r_{pk}^{ji} = 8, r_{ji}^{ji} = 12$. Матрицы связей между n_j сервисами j -го бизнес-процесса и связей n_j сервисов j -го с n_p сервисами p -го процесса приведены ниже:

Количество связей между элементами сервисов:
процесса j

$$\begin{matrix} r_{j1}^{j1} & r_{j1}^{j2} & \dots & r_{j1}^{jn_j} \\ r_{j2}^{j1} & r_{j2}^{j2} & \dots & r_{j2}^{jn_j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{jn_j}^{j1} & r_{jn_j}^{j2} & \dots & r_{jn_j}^{jn_j} \end{matrix}$$

Рис. 1. Взаимосвязи между элементами сервисов s_{ji} и s_{pk} Fig. 1. Interrelations between the elements of services s_{ji} and s_{pk}

процессов j и p

$$\begin{array}{cccc} r_{j1}^{p1} & r_{j1}^{p2} & \dots & r_{j1}^{pn_p} \\ r_{j2}^{p1} & r_{j2}^{p2} & \dots & r_{j2}^{pn_p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{jn_j}^{p1} & r_{jn_j}^{p2} & \dots & r_{jn_j}^{pn_p} \end{array}$$

Очевидно, чем больше связей r_j между элементами сервисов бизнес-процесса j и их связей с элементами сервисов других бизнес-процессов, тем предпочтительнее включение процесса j в интеграционное ядро (вследствие проявления синергетического эффекта).

Общее число связей R между всеми элементами сервисов бизнес-процессов, включенных в «интеграционное ядро», выберем в качестве одного из показателей качества проектируемой ERP-системы. Обозначим через r_{jp} количество связей между процессами j и p :

$$r_{jp} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_p} r_{ji}^{pk}. \quad (1)$$

Тогда

$$\begin{aligned} r_j &= \sum_{p=1}^m r_{jp} = \sum_{p=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_p} r_{ji}^{pk}; \\ R &= \sum_{j=1}^m r_j = \sum_{j=1}^m \sum_{p=1}^m r_{jp} = \sum_{j=1}^m \sum_{p=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_p} r_{ji}^{pk}. \end{aligned} \quad (2)$$

Матрица $\|r_{jp}\|$ связей между элементами сервисов различных бизнес-процессов и значения r_j приведены ниже:

$$\begin{array}{cccccc} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} & r_1 = \sum_{p=1}^m r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} & r_2 = \sum_{p=1}^m r_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} & r_m = \sum_{p=1}^m r_{mp} \end{array}$$

Другим важным показателем качества создаваемой ERP-системы являются затраты z_j , $j = \overline{1, m}$, на функционирование бизнес-процессов после внедрения ERP-системы. Общие затраты Z составят $Z = \sum_{j=1}^m z_j$.

Созданию ERP-системы крупных предприятий, как правило, предшествуют многолетняя разработка и внедрение систем «лоскутной» автоматизации для отдельных бизнес-процессов и их подпроцессов. Эти действующие системы содержат различные ИТ-активы, которые могут быть эффективно применены в качестве компонентов для проектируемой системы. Количество применяемых конфигурационных элементов из систем «лоскутной» автоматизации будем рассматривать еще в качестве одного из показателей качества ERP-проекта. Обозначим через c_{ji} количество наследуемых конфигурационных элементов сервисом $s_{ji} \in S_j$.

Общее количество используемых унаследованных конфигурационных элементов будет $C = \sum_{j=1}^m c_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} c_{ji}$, где $c_j = \sum_{i=1}^{n_j} c_{ji}$ – количество наследуемых элементов j -ым процессом. Для формулирования задачи введем переменную $x_j = \begin{cases} 1, & j \in Q \\ 0, & j \notin Q \end{cases}$, где Q – множество тех бизнес-процессов, для которых создаются проектные группы.

С учетом введенных обозначений задача формирования проектных групп описывается следующими соотношениями:

$$\sum_{j=1}^m z_j x_j \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p \geq r^*; \quad \sum_{j=1}^m c_j x_j \geq c^*. \quad (4)$$

Содержательно задача формулируется так: найти такие x_j , $j = \overline{1, m}$ (определить такие бизнес-процессы), для которых общее количество связей между элементами сервисов не меньше величины r^* , количество используемых унаследованных конфигурационных элементов не меньше величины c^* и затраты на функционирование

ние которых минимальны. Сформулированная задача относится к классу задач целочисленного квадратичного программирования [13].

Декомпозиция и последовательность процедур решения исходной задачи. Воспользуемся для ее решения методом сетевого программирования [14 – 18]. Для применения метода необходимо, чтобы целевая функция имела такую же структуру сетевого представления, как ограничения. Чтобы обеспечить это условие, каждое значение z_j , $j = \overline{1, m}$, представим в виде двух слагаемых (по числу ограничений исходной задачи (3) – (4)):

$$z_j = z_j^r + z_j^c, j = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Подзадача 1: определение значений z_j^r , z_j^c , $j = \overline{1, m}$. Для ее решения применим метод множителей Лагранжа [19, 20]. Функция Лагранжа $L(\lambda, x)$ для задачи (3) – (4) запишется следующим образом:

$$L(\lambda, x) = \lambda r^* + \min_{x \in X_2} \sum_{j=1}^m \left(z_j - \lambda \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p \right), \quad (6)$$

где $\lambda \geq 0$, а X_2 – множество решений, удовлетворяющих соотношениям (4).

Если λ_0 – решение, обеспечивающее максимум функции Лагранжа (6), тогда

$$z_j^r = \lambda_0 z_j, z_j^c = z_j - z_j^r, j = \overline{1, m}. \quad (7)$$

Теперь, в соответствии с методом сетевого программирования для задачи нелинейного программирования, декомпозируем на основе выражения (5) исходную задачу (3) – (4) на две подзадачи.

Подзадача 2

$$\sum_{j=1}^m z_j^r x_j \rightarrow \min; \sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p \geq r^*. \quad (8)$$

Подзадача 3

$$\sum_{j=1}^m z_j^c x_j \rightarrow \min; \sum_{j=1}^m c_j x_j \geq c^*. \quad (9)$$

Для решения подзадачи 2 требуется снова применить метод сетевого программирования для задачи нелинейного программирования, а подзадача 3 эффективно решается методом дихотомического программирования.

Пример. Рассмотрим решение задачи (3) – (4) на следующем примере. Пусть $j = 4$, $(z_j | j = \overline{1, 4}) = (23, 18, 14, 10)$, $(c_j | j = \overline{1, 4}) = (12, 7, 9, 5)$, матрица $\|r_{jp}\|$ связей между элементами сервисов бизнес-процессов и значения r_j приведены ниже:

r_{1p}	50	5	7	3	65
r_{2p}	4	30	11	9	54
r_{3p}	8	10	15	6	39
r_{4p}	4	8	2	12	26

Подзадача 1. Функция Лагранжа $L(\lambda, x)$ для данных примера запишется так:

$$L(\lambda, x) = 123\lambda + \min_{x \in X_2} [\{23 - \lambda(50x_1 + 5x_2 + 7x_3 + 3x_4)\}x_1 + \{18 - \lambda(4x_1 + 30x_2 + 11x_3 + 9x_4)\}x_2 + \{14 - \lambda(8x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 6x_4)\}x_3 + \{10 - \lambda(4x_1 + 8x_2 + 2x_3 + 12x_4)\}x_4], \quad (10)$$

где множество X_2 определяется ограничением

$$12x_1 + 7x_2 + 9x_3 + 5x_4 \geq 21. \quad (11)$$

Найдем минимум функции $L(\lambda, x)$ по λ . Решаем задачу методом дихотомического программирования.

1. Решаем задачу:

$$\{23 - \lambda(50x_1 + 5x_2 + 7x_3 + 3x_4)\}x_1 + \{18 - \lambda(4x_1 + 30x_2 + 11x_3 + 9x_4)\}x_2 \rightarrow \min; \quad (12)$$

$$12x_1 + 7x_2 \geq 21. \quad (13)$$

Решения задачи (12) – (13) можно свести в табл. 1.

2. Решаем задачу:

$$\{14 - \lambda(8x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 6x_4)\}x_3 + \{10 - \lambda(4x_1 + 8x_2 + 2x_3 + 12x_4)\}x_4 \rightarrow \min; \quad (14)$$

Т а б л и ц а 1

Решения задачи (12) – (13)

Table 1. Task solving (12) – (13)

1	$\{18 - \lambda(4x_1 + 30x_2 + 11x_3 + 9x_4)\}$ 7	$\{41 - \lambda(54x_1 + 35x_2 + 18x_3 + 12x_4)\}$ 19
0	0	0
x_2		
x_1	0	1

Решения задачи (14) – (15)
Table 2. Task solving (14) – (15)

1	$\{10 - \lambda(4x_1 + 8x_2 + 2x_3 + 12x_4)\}$ 5	$\{24 - \lambda(12x_1 + 18x_2 + 17x_3 + 18x_4)\}$ 14
0	0	$\{14 - \lambda(8x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 6x_4)\}$ 9
x_4 x_3	0	1

$$9x_3 + 5x_4 \geq 21. \quad (15)$$

Решения задачи (14) – (15) сводим в табл. 2.

Допустимые решения задачи (10) – (11) представлены ниже:

$x_1 x_2 x_3 x_4$	$\sum_{j=1}^m c_j x_j$	$\sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p$	$L(\lambda)$
0111	21	103	$42 + 20\lambda$
1010	21	80	$37 + 43\lambda$
1101	24	125	$51 - 2\lambda$
1110	27	140	$55 - 17\lambda$
1111	33	184	$65 - 61\lambda$

Из условия равенства функции Лагранжа для двух лучших решений (выделены полужирным шрифтом) находим, что $\lambda = \frac{4}{15} \approx 0,27$. Значения $z_j^r, z_j^c, j = \overline{1, m}$, приведены ниже:

r_j	$z_j^r = \lambda r_j$	$z_j^c = z_j - z_j^r$
$r_1 = 65$	$z_1^r = 17,6$	$z_1^c = 5,4$
$r_2 = 54$	$z_2^r = 14,6$	$z_2^c = 3,4$
$r_3 = 39$	$z_3^r = 10,5$	$z_3^c = 3,5$
$r_4 = 26$	$z_4^r = 7$	$z_4^c = 3$

Располагая значениями $z_j^r, z_j^c, j = \overline{1, m}$, решаем подзадачи 2 и 3.

Рис. 2. Структура критерия и ограничений задачи для $j = 1$

Fig. 2. Structure of criterion and limitations of the task for $j = 1$

Подзадача 2. Для приведения к структурному подобию критерия функции ограничения положим

$$z_{jp}^r = \frac{z_1^r r_{jp}}{\sum_{p=1}^m r_{jp}}. \quad (16)$$

Результаты вычислений $z_{jp}^r, j = \overline{1, 4}, p = \overline{1, 4}$, следующие:

$j \backslash p$	1	2	3	4
1	$z_{11}^r = 13,5$	$z_{12}^r = 1,4$	$z_{13}^r = 1,9$	$z_{14}^r = 0,8$
2	$z_{21}^r = 1,1$	$z_{22}^r = 8,1$	$z_{23}^r = 3,0$	$z_{24}^r = 2,4$
3	$z_{31}^r = 2,2$	$z_{32}^r = 2,7$	$z_{33}^r = 4,0$	$z_{34}^r = 1,6$
4	$z_{41}^r = 1,1$	$z_{42}^r = 2,2$	$z_{43}^r = 0,5$	$z_{44}^r = 3,2$

Теперь подзадача 2 имеет вид

$$\sum_{j=1}^m x_j \left(\sum_{p=1}^m z_{jp}^r \right) \rightarrow \min; \quad \sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p \geq r^*. \quad (17)$$

Структура функций подзадачи 2 позволяет решить ее методом дихотомического программирования. Последовательно решаем оценочные задачи для $j = \overline{1, m}$. Структура задачи для $j = 1$ представлена на рис. 2.

Шаг 1. Промежуточные результаты вычисления y_1 и y_2 представлены следующими данными:

	y_1	y_2
1	1,4 14,9 5 55	1 0,8 2,7 3 10
0	0 13,5 0 50	0 0 1,9 0 0 7
x_2 x_1	0 1	x_4 x_3 0 1

Результат решения оценочной задачи для $j = 1$ представлен в табл. 3.

Аналогично решаются оценочные задачи для $j = 2, 3, 4$. Итоговые значения показателя эффективности

Т а б л и ц а 3

Результат решения оценочной задачи для $j = 1$

Table 3. The result of evaluation task solving for $j = 1$

$x_1x_2x_3x_4$	0000	0010	0001	0011	1000	1010	1001	1011
$z_1'(x_1x_2x_3x_4)$	0	1,9	0,8	2,7	13,5	15,4	14,3	16,2
$r_1(x_1x_2x_3x_4)$	0	7	3	10	50	57	53	60
$x_1x_2x_3x_4$	0100	0110	0101	0111	1100	1110	1101	1111
$z_1'(x_1x_2x_3x_4)$	1,4	3,3	2,2	4,1	14,9	16,8	15,7	17,6
$r_1(x_1x_2x_3x_4)$	5	12	8	15	55	62	58	65

Т а б л и ц а 4

Результат решения подзадачи 2

Table 4. The result of solving the subtask 2

$x_1x_2x_3x_4$	0000	0010	0001	0011	1000	1010	1001	1011
$\sum_{j=1}^4 z_j'(x_1x_2x_3x_4)$	0	9,4	8	17,4	17,9	27,3	23,9	35,3
$\sum_{j=1}^4 r_j(x_1x_2x_3x_4)$	0	35	30	65	66	101	96	131
$x_1x_2x_3x_4$	0100	0110	0101	0111	1100	1110	1101	1111
$\sum_{j=1}^4 z_j'(x_1x_2x_3x_4)$	14,4	23,8	22,4	31,8	32,3	41,7	40,3	49,7
$\sum_{j=1}^4 r_j(x_1x_2x_3x_4)$	53	88	83	118	119	154	149	184

$\sum_{j=1}^4 z_j'(x_1x_2x_3x_4)$ и ограничения $\sum_{j=1}^4 r_j(x_1x_2x_3x_4)$ для каждого из решений подзадачи 2 представлены в табл. 4.

Решаем подзадачу 3 методом дихотомического программирования (рис. 3).

Решения подзадачи 3 представлены в табл. 5.

На основе решений подзадачи 2 (табл. 4) и подзадачи 3 (табл. 5) получаем решения для исходной задачи (3) – (4) (табл. 6).

Имея конкретные значения r^* и c^* правых частей ограничений исходной задачи, нетрудно определить множество допустимых решений исходной задачи и среди

них – лучшее. Так, если $r^* = 138$ (75 % от 184, т.е. исходим из того, что интеграционное ядро включает 75 % всех связей между сервисами) и $c^* = 22$ (67 % от 33, что соответствует использованию 67 % унаследованных конфигурационных элементов), то оптимальным будет решение $x_1x_2x_3x_4 = 1101$, для которого $r = 149$, $c = 24$ и $z = 52,1$.

Выводы. Заметим, что в иллюстративных целях в рассмотренном примере анализировались все возможные решения (при четырех процессах число этих решений равно 16 (24)). Однако ограничения задачи существенно снижают множество допустимых решений, требующих анализа (в нашем примере число допустимых решений равно 2, если не учитывать тривиальное решение $x_1x_2x_3x_4 = 1111$). Количество вычислений можно существенно сократить, если на начальном этапе методом ветвлений выделить множество допустимых решений и на всех этапах решения задачи работать только с ними. Решение задачи формирования портфеля сервисов поставяет исходные данные для задачи календарного планирования реализации ИТ-сервисов проектными группами, отвечающими за компьютеризацию отдельных бизнес-процессов предприятия. Постановка и процедура решения этой задачи будут рассмотрены в следующей публикации.

Рис. 3. Структура критерия и ограничения подзадачи 3

Fig. 3. Structure of criterion and limitations of the subtask 3

Т а б л и ц а 5

Результат решения подзадачи 3

Table 5. The result of solving the subtask 3

$x_1x_2x_3x_4$	0000	0010	0001	0011	1000	1010	1001	1011
$z^c(x_1x_2x_3x_4)$	0	3,5	3,0	6,5	5,4	8,9	8,4	11,9
$c(x_1x_2x_3x_4)$	0	9	5	14	12	21	17	26
$x_1x_2x_3x_4$	0100	0110	0101	0111	1100	1110	1101	1111
$z^c(x_1x_2x_3x_4)$	3,4	6,9	6,4	9,9	8,8	12,3	11,8	15,3
$c_1(x_1x_2x_3x_4)$	7	16	12	21	19	28	24	33

Т а б л и ц а 6

Результат решения исходной задачи (3) – (4)

Table 6. The result of the initial task solving (3) – (4)

$x_1x_2x_3x_4$	0000	0010	0001	0011	1000	1010	1001	1011
$\sum_{j=1}^4 (z_j^r + z_j^c)$	0	12,9	11,0	23,9	23,3	36,2	32,3	47,2
$\sum_{j=1}^4 r_j$	0	35	30	65	66	101	96	131
$\sum_{j=1}^4 c_j$	0	9	5	14	12	21	17	26
$x_1x_2x_3x_4$	0100	0110	0101	0111	1100	1110	1101	1111
$\sum_{j=1}^4 (z_j^r + z_j^c)$	17,8	30,7	28,8	41,7	41,1	54,0	52,1	65,0
$\sum_{j=1}^4 r_j$	53	88	83	118	119	154	149	184
$\sum_{j=1}^4 c_j$	7	16	12	21	19	28	24	33

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- OGC-ITIL V3-1 Service Strategy: TSO, 2007. – 373 p.
- OGC-ITIL V3-2 Service Design: TSO, 2007. – 334 p.
- OGC-ITIL V3-3 Service Transition, London: TSO, 2007. – 270 p.
- OGC-ITIL V3- 4, Service Operation: TSO, 2007. – 397 p.
- OGC-ITIL V3-5 Continual Service Improvement: TSO, 2007. – 308p.
- OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL: TSO, 2007. – 173p.
- Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. К развитию концептуальных основ управления ИТ-деятельностью // Вестник НГУ. Серия «Информационные технологии». 2012. Том 10. Вып. 4. С. 29 – 39.
- Основы управления жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации (лучшие практики ITIL): Учебное пособие / В.В. Зимин, А.А. Ивушкин, С.М. Кулаков, К.А. Ивушкин. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2013. – 500 с.
- Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. Научно-практическое издание. – М.: СИНТЕГ – ГЕО, 1997. – 188 с.
- Phillips J.J., Bothell T.W., Snead G.L. The project management scorecards. – Amsterdam: Elsevier, 2003.
- Rumizen M.C. Knowledge management. – N.Y.: Alpha, 2002.
- Wysocky R.K., Beck R., Crane D.B. Effective project management. – N.Y. John Wiley & Sons, 2000.
- Механизмы управления. Учебн. пособие / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.
- Вагнер Г. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1972. – 198 с.
- Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: Автореф. дисс. д.т.н. – М., 2012. – 27 с.
- Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации // Автоматика и телемеханика. 2009. № 10. С. 15 – 21.
- Корбут А.А., Сига И.Х., Финкельштейн Ю.Ю. Метод ветвей и границ. Обзор теории, алгоритмов, программ и приложений // Math. Operation Forsch. Staist. Ser. Optimization. 1977. Vol. 8. № 2. Р. 253 – 280.
- Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
- Акулич И.Л. Задачи нелинейного программирования. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1986. – 319 с.
- Зорич В.А. Математический анализ. Ч. 1. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ФАЗИС, 1997. – 568 с.

Поступила 8 июня 2017 г.

FORMATION OF FUNCTIONAL VOLUME AND WORKING GROUPS OF ERP-PROJECT OF THE ENTERPRISE

V.V. Zimin¹, V.V. Mit'kov¹, A.V. Zimin²

¹Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk

²LLC "Audit EnergoNovosibirsk", Russia, Novosibirsk

Abstract. Critical in the creation of ERP-system of the enterprise is the first stage of the system. Simultaneous introduction of all services for all business processes of the enterprise, as a rule, isn't possible or expedient for various reasons: lack of sufficient resources, difficulties of creation of necessary technical infrastructure in short terms, big risks of radical reorganization of the operating control system, etc. Therefore, the functional volume of the 1st turn of the project joins the IT services providing effective functioning of the most interconnected business processes. The paper presents a mathematical formulation and procedure for solving the problem of determining the portfolio of IT services that realize the functions of the main business processes and make up the functional volume of the first stage of the ERP system of a large metallurgical company. Problem definition considers three important indicators of efficiency of the ERP-project: size of the project budget, number of communications between the IT services making the functional volume of the project (its "integration kernel"), number of the inherited design decisions from the systems of a "scrappy" computerization finding application in the enterprise resource planning. The first of these indicators is accepted as criterion of a task, other two – as its restrictions. As a result of formalization, the problem under consideration reduces to the problem of integer-valued quadratic programming. The method of network programming in modification used for the solution of nonlinear programming problems of is applied for its decision. The method decomposes a complex initial problem into a generalized dual task of network programming and a set of essentially simpler subtasks. An example is given of the solution of the problem under study in which the generalized dual problem of network programming is solved by the method of Lagrange multipliers, and individual subtasks are solved by the method of dichotomous programming, which reduces the solution of subproblems to the solution of a sequence of simple estimation problems. The solution of the task of forming a portfolio of services delivers the initial data for the task of scheduling the implementation of services by project groups responsible for the computerization of individual business processes of the enterprise.

Keywords: business process, IT services portfolio, ERP-project, non-linear programming problem, network programming method, generalized network programming task, Lagrange multiplier method.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-12-998-1004

REFERENCES

1. OGC-ITIL V3-1 Service Strategy. TSO, 2007, 373 p.
2. OGC-ITIL V3-2 Service Design. TSO, 2007, 334 p.
3. OGC-ITIL V3-3 Service Transition. London: TSO, 2007, 270 p.
4. OGC-ITIL V3- 4, Service Operation. TSO, 2007, 397 p.
5. OGC-ITIL V3- 5 Continual Service Improvment. TSO, 2007, 308 p.

6. OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL. TSO, 2007, 173 p.
7. Zimin V.V., Kulakov S.M., Zimin A.V. Development of conceptual base for managing IT activities. *Vestnik NGU. Seriya "Informatsionnye tekhnologii"*. 2012, vol. 10, iss. 4, pp. 29–39. (In Russ.).
8. Zimin V.V., Ivushkin A.A., Kulakov S.M., Ivushkin K.A. *Osnovy upravleniya zhiznennym tsiklom servisov sistem informatiki i avtomatizatsii (luchshie praktiki ITIL): uchebnoe posobie* [Basics of life-cycle management of information and automation systems services (best practices of ITIL): Tutorial]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2013, 500 p. (In Russ.).
9. Burkov V.N., Novikov D.A. *Kak upravlyat' proektami: Nauchno-prakticheskoe izdanie* [How to manage projects: Scientific and practical references]. Moscow: SINTEG – GEO, 1997, 188 p. (In Russ.).
10. Phillips J.J., Bothell T.W., Snead G.L. *The project management scorecards*. Amsterdam: Elsevier, 2003.
11. Rumizen M.C. *Knowledge management*. N.Y.: Alpha, 2002.
12. Wysocky R.K., Beck R., Crane D.B. *Effective project management*. NY: John Wiley & Sons, 2000.
13. *Mekhanizmy upravleniya: uchebn. posobie* [Control mechanisms: Manual]. Novikov D.A. ed. Moscow: LENAND, 2011, 192 p. (In Russ.).
14. Wagner Harvey M. *Principles of operations research*. Prentice-Hall, 1967. (Russ.ed.: Vagner G. *Osnovy issledovaniya operatsii*. Moscow: Mir, 1972, 198 p.).
15. Burkova I.V. *Metod setevogo programmirovaniya v zadachakh upravleniya proektami: Avtoref. diss. ... doktora tekhn. nauk* [Method of network programming in project management tasks: Extended Abstract of Dr. Sci. Diss.]. Moscow, 2012, 27 p. (In Russ.).
16. Burkova I.V. Method of network programming in tasks of nonlinear optimization. *Avtomatika i telemekhanika*. 2009, no. 10, pp. 15–21. (In Russ.).
17. Korbust A.A., Siga I.Kh., Finkel'shtein Yu.Yu. Method of branches and boundaries. Review of theory, algorithms, programs and applications. *Math. Operation Forsch. Staist. Ser. Optimization*. 1977, vol. 8, no. 2, pp. 253–280. (In Russ.).
18. Korbust A.A., Finkel'shtein Yu.Yu. *Diskretnoe programmirovaniye* [Discrete Programming]. Moscow: Nauka, 1969, 368 p. (In Russ.).
19. Akulich I.L. *Zadachi nelineinogo programmirovaniya. Matematicheskoe programmirovaniye v primerah i zadachah* [Problems of non-linear programming. Mathematical programming in examples and problems]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 319 p. (In Russ.).
20. Zorich V.A. *Matematicheskii analiz. Ch. 1* [Mathematical analysis. Part. 1]. Moscow: FAZIS, 1997, 568 p. (In Russ.).

Information about the authors:

V.V. Zimin, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair "Automation and Information Systems" (zimin.1945@mail.ru)

V.V. Mit'kov, Senior Lecturer of the Chair "Automation and Information Systems"

A.V. Zimin, Cand. Sci. (Eng.), Director

Received June 8, 2017