

---

# **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

Основан в 1995 г.

**2019**  
**№ 4(78)**



2019

---

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИИ N ФС77-66093 от 10 июня 2016 г. (первичная регистрация от 20 мая 2003 г.)

ISSN 1729-5068

Журнал выходит четыре раза в год

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор	С.Л.Подвальный, д-р техн. наук, профессор
Заместитель главного редактора	В.Н.Бурков, д-р техн. наук, профессор
Ответственный секретарь	О.Я.Кравец, д-р техн. наук, профессор

### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

В.С.Балакирев, д-р техн. наук, профессор	Я.Е.Львович, д-р техн. наук, профессор
С.А.Баркалов, д-р техн. наук, профессор	Б.В.Палюх, д-р техн. наук, профессор
В.К.Битюков, д-р техн. наук, профессор	Е.С.Подвальный, д-р техн. наук, профессор
В.Л.Бурковский, д-р техн. наук, профессор	А.К.Погодаев, д-р техн. наук, профессор
М.Б.Гузайров, д-р техн. наук, профессор	Ю.А.Савинков, д-р техн. наук, профессор
Т.В.Киселева, д-р техн. наук, профессор	Ю.С.Сахаров, д-р техн. наук, профессор
И.В.Ковалев, д-р техн. наук, профессор	В.Н.Фролов, д-р техн. наук, профессор
В.Н.Козлов, д-р техн. наук, профессор	А.И.Шиянов, д-р техн. наук, профессор
В.В.Кондратьев, член-корр. РАН	А.Д.Цвиркун, д-р техн. наук, профессор
В.В.Кульба, д-р техн. наук, профессор	

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Дизайн обложки Т.А.Бурковская

Адрес учредителя и редакции:  
394026 Воронеж, Московский проспект,  
дом 14

Телефон: (473)2437718  
E-mail: [csit@bk.ru](mailto:csit@bk.ru)  
<http://www.sbook.ru/csit/>

16+

Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
Издатель: ООО Издательство «Научная книга» <http://www.sbook.ru>  
Адрес издателя: 394077 Воронеж, 60-й Армии дом 25-120

Цена свободная.

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Цифровая полиграфия»  
394036, г.Воронеж, ул.Ф.Энгельса, 52, тел.: (473)261-03-61

Подп. в печать 01.12.2019. Дата выхода в свет 31.12.2019. Заказ 000. Тираж 500. Усл. печ. л. 10,2.

© Системы управления и информационные технологии, 2019

## Содержание

<b>Раздел 1. Моделирование сложных объектов и систем (шеф-редактор В.Л.Бурковский)</b>	
Глушенко А.И., Петров В.А., Ласточкин К.А. Нейросетевая адаптация LQ закона управления двухколесным балансирующим роботом.....	4
Зиганшина Ф.Т., Исмагилова А.С., Ахметьянова А.И., Ахметшина Е.С., Ахмеров А.А. Компьютерное моделирование задачи определения базиса гомодесмических реакций 10.....	4
Мишачёв Н.М., Шмырин А.М., Ярцев А.Г. Окрестностные структуры с регуляторами связей..	15
Рыжиков И.С., Брестер К.Ю., Семёнкин Е.С. Метаэвристики кластеризации и перезапуска в решении задач вычислительного моделирования линейных динамических систем.....	19
Сторожев С.В., Болнокин В.Е., Мутин Д.И., Зьонг Минь Хай, Нгуен Куок Ши, Чан Ба Ле Хоанг. Нечеткие оценки для собственных частот поперечных колебаний однородных стержней....	24
Эминов Б.Ф., Захаров В.М. Моделирование расширенных цепей Маркова с заданной линейной сложностью.....	28
<b>Раздел 2. Оптимизация и принятие решений (шеф-редактор Т.М.Леленева)</b>	
Доррер М.Г. Идентификация параметров линейной динамической системы управления уровнем организационной зрелости.....	33
Зимин А.В., Буркова И.В., Зимин В.В. Модели и механизмы управления эффективностью ИТ-процессов.....	37
Лебеденко Е.В., Николаев Д.А. Моделирование процесса децентрализованного управления многокамерным сопровождением объектов в подсистеме видеоаналитики системы видеонаблюдения.....	41
Сторожев С.В., Болнокин В.Е., Мутин Д.И., Зьонг Минь Хай, Чан Ба Ле Хоанг. Анализ нечеткой модели концентрации механических напряжений в тонких пластинках с квадратными отверстиями неопределенной угловой кривизны.....	47
Тычченко В.С., Петренко В.Е., Милов А.В. Управление индукционной пайкой на основе косвенных измерений температуры процесса.....	50
<b>Раздел 3. Прикладные задачи и информационные технологии (шеф-редактор Е.С.Подвальный)</b>	
Абрамов А.К., Абросимов П.В. Разработка теоретически недешифруемых криптосистем на основе использования схем комбинаторных преобразований значений односторонних функций....	55
Агиева М.Т., Бабичева Ю.В., Окулист Н.М., Угольничский Г.А. Имитационное моделирование управления мнениями в маркетинге.....	61
Буйвис В.А., Юрьева Е.Н., Новичихин А.В. Моделирование сценариев распределения ресурсов автodorожного комплекса (в условиях города Новокузнецка).....	65
Жиленков А.А. Интеллектуальная система автономной навигации мобильного робота с распознаванием пути следования в хаотическом пространственном окружении.....	69
Жуков П.И., Глушенко А.И., Фомин А.В. Построение зависимости температуры непрерывно литой заготовки от ретроспекции её нагрева.....	73
<b>Раздел 4. Перспективные исследования (шеф-редактор О.Я.Кравец)</b>	
Еськов С.С. Моделирование платежной системы Bitcoin на основе теории коллективного поведения автоматов.....	79
Севостьянов Р.А. Программная поддержка процессов управления мобильным роботом с визуальной обратной связью.....	83
Сергеев М.Ю., Сергеева Т.И. Подход к проектированию и разработке веб-ориентированных систем учебного назначения.....	86
Скрябина Н.В. Сентимент-анализ для определения тональности и классификации текстов.....	90
Насыров И.Р., Гудыма М.Н., Казаковцев Л.А. Алгоритм локального поиска в окрестности, образованной применением жадной агломеративной процедуры, для решения серии задач кластеризации.....	95
<b>Информационное сообщение о Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-33».....</b>	
	3 стр. обложки

УДК 519.876.2

## МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИТ-ПРОЦЕССОВ

### MODELS AND MECHANISMS FOR MANAGING IT-PROCESSES EFFICIENCY

Ключевые слова: жизненный цикл, ИТ-процесс, портфель проектов, механизм комплексного оценивания, метод сетевого программирования.

Key words: life cycle, IT-process, project portfolio, integrated evaluation mechanisms, network programming method.

Зимин А.В.<sup>1</sup>, Буркова И.В.<sup>2</sup>, Зимин В. В.<sup>1</sup>

A.V. Zimin<sup>1</sup>, I.V. Burkova<sup>2</sup>, V.V. Zimin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный индустриальный университет

<sup>2</sup>Институт проблем управления РАН

<sup>1</sup>Siberian State Industrial University, Russia, Kemerovo Region,  
Novokuznetsk

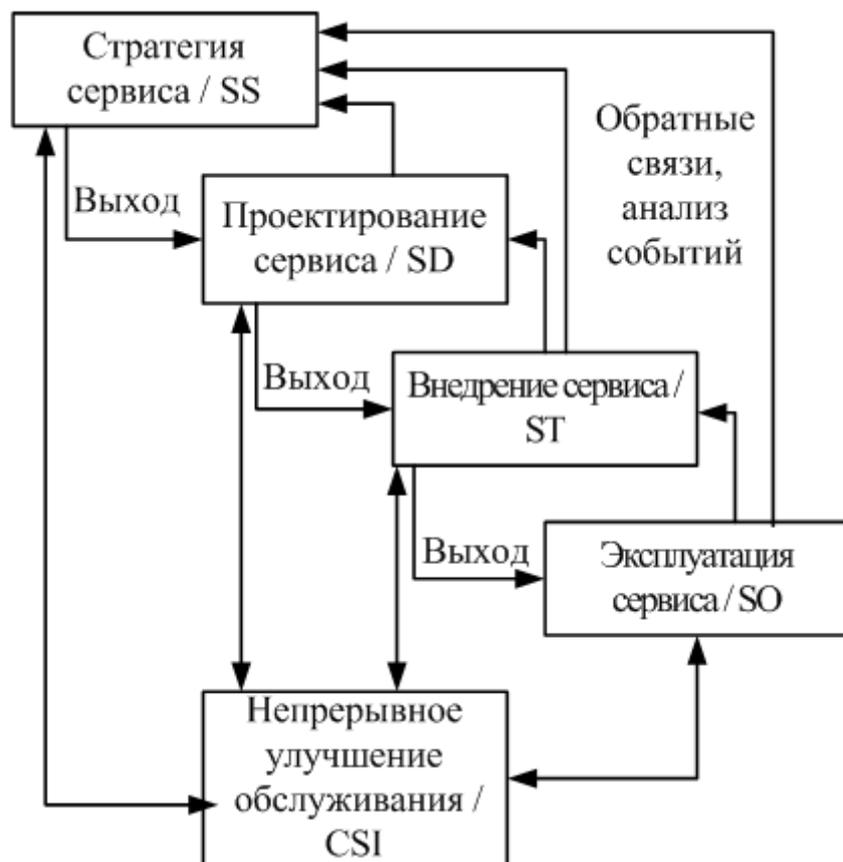
<sup>2</sup>V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, RAS, Russia, Moscow

**Аннотация.** Рассмотрены линейные и нелинейная модель задачи формирования плана сервисных улучшений, оптимизирующего, соответственно, абсолютное и относительное значение комплексного показателя эффективности функционирования процессов жизненного цикла ИТ-сервиса. Приведены схемы декомпозиции и примеры решения задач.

**Abstract.** The linear and non-linear models of the task for forming a service enhancing plan, which optimizes, respectively, the absolute and relative value of the complex efficiency indicator of IT-service life cycle processes are considered. Breaking schemes and problem solving examples are given.

**Введение.** В структуру жизненного цикла ИТ-сервиса, предложенную в ITIL-3, входит стадия непрерывных улучшений, рисунок 1 [1,2]. Ее назначение состоит в совершенствовании (по эффективности и по затратам) ИТ-процессов основных стадий (стратегии, проектирования, внедрения и эксплуатации), которые реализуют функции производства и поддержки применения сервисов пользователями.

Рисунок 1 – Жизненный цикл сервиса



Инициаторами проектов по улучшению выступает как персонал стадии, которому эта функция вменена в обязанность, так и любой специалист основных стадий (в том числе через обратные связи, рисунок 1). Каждое предложение по улучшению проходит несколько этапов обработки (фильтров). В частности, производится оценка изменений показателей эффективности улучшаемых ИТ-процессов, степень влияния этих улучшений на изменение показателей эффективности процессов, которые связаны с улучшаемым процессом. Оцениваются изменения операционных затрат (затрат на функционирование улучшаемого ИТ-процесса) и связанных с ним процессов. Заметим, что далеко не каждый проект изменяет операционные затраты. В конечном итоге принимается решение по реализации или отклонению проектного предложения. Все принятые предложения попадают в портфель проектов сервисных улучшений. С учетом выделенных инвестиций на очередной плановый период, служба сервисных улучшений планирует реализацию наиболее эффективных проектов (формирует текущий план сервисных улучшений).

**Формализация задачи формирования оптимального плана сервисных улучшений.** Пусть  $P = \{p_i | i=1, m\}$  и  $\{z(p_i), i=1, m\}$  - множество проектов, инициированных персоналом различных стадий жизненного цикла ИТ-сервиса с целью включения в план сервисных улучшений, и соответствующие затраты, необходимые для реализации проектов.

Эффективность  $q_i=q(p_i)$  отдельного проекта  $p_i$  с точки зрения его вклада в эффективность жизненного цикла в целом определяется значениями  $\Delta\mu_{kl}^n(p_i)$  изменений показателей эффективностей процессов стадий жизненного цикла сервиса, которые планируется достичь в результате реализации проекта. Здесь  $n=\overline{1, N_{kl}}, l=\overline{1, L_k}, k=\overline{1, K}$ , где  $N_{kl}$  - количество показателей, эффективности, описывающих процесс  $l$  стадии  $k$ ,  $L_k$  - количество процессов на  $k$ -ой стадии,  $K$  - количество стадий жизненного цикла. Задав весовые коэффициенты  $\alpha_{kl}^n(p_i), \sum_{n=1}^{N_{kl}} \alpha_{kl}^n=1$ , для показателей эффективности ИТ-процессов всех стадий, весовые коэффициенты  $\beta_{kl}(p_i), \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{kl}=1$  значимости ИТ-процессов для каждой стадии, весовые коэффициенты  $\gamma_k(p_i), \sum_{k=1}^K \gamma_k(p_i)=1$  значимости стадий для жизненного цикла и проведя преобразование шкал измерения локальных показателей  $\mu_{kl}^n(p_i)$  к единой дискретной балльной шкале заданного ранга  $R$ , определим эффективность  $q_i=q(p_i)$  отдельного проекта  $p_i$  для жизненного цикла следующим образом [3,4,5]:

$$q(p_i) = \sum_{k=1}^K \gamma_k(p_i) \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{kl}(p_i) \sum_{n=1}^{N_{kl}} \alpha_{kl}^n(p_i) \Delta\mu_{kl}^n(p_i) \quad (1)$$

Обозначим через  $\Delta z_{ikl}$  изменение операционных затрат на функционирование процесса  $l$  стадии  $k$ , связанные с реализацией проекта  $p_i$ . Тогда общее изменение  $\Delta z_i$  эксплуатационных затрат, связанное с реализацией  $i$ -го проекта будет

$$\Delta z_i = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L_k} \Delta z_{ikl} \quad (2)$$

Пусть  $\Delta z^* > 0$  - изменение операционного бюджета, которое допустимо для поставщика ИТ-услуг в очередном плановом периоде. Пусть также  $z^*$  - инвестиции, которые могут быть направлены на реализацию оптимизационных проектов в этом периоде.

Для формализации рассматриваемой задачи введем переменную

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если проект реализуется} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (3)$$

**Линейные модели задачи формирования плана сервисных улучшений.** Простейшей моделью исследуемой задачи является следующая (линейная модель 1):

$$q(x) = \sum_{i=1}^m q(p_i) x_i \quad \max \quad (4)$$

$$z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i)x_i \quad z^* \quad (5)$$

Она не учитывают изменения в операционных затратах. Задача состоит в определении таких  $x_i, i=1, \overline{m}$ , которые доставляют максимум критерию (4) и при этом удовлетворяет ограничению (5) на общий объем инвестиций. Задача относится к классу задач о ранце и эффективно решается методом дихотомического программирования [6,7,8,9].

Другой моделью задачи, в большей степени отражающей реалии, будет следующая (линейная модель 2):

$$q(x) = \sum_{i=1}^m q(p_i)x_i \quad \max \quad (6)$$

$$z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i)x_i \quad z^* \quad (7)$$

$$\Delta z(x) = \sum_{i=1}^m z_i \Delta_i \leq \Delta^* \quad (8)$$

Задача состоит в определении  $x_i, i=1, \overline{m}$ , доставляющих максимум критерию (6) но при этом удовлетворяющих ограничениям (7) и (8), соответственно, на общий объем инвестиций и на допустимое изменение операционного бюджета в планируемом периоде. Два ограничения не позволяют непосредственно применить метод дихотомического программирования для решения задачи (6) – (8). Чтобы это стало возможным, выполним разбиение множества  $P = \{p_i | i=1, \overline{m}\}$  проектов на два подмножества:

$$\{p_i | i=1, \overline{m}\} = \{p_i | i=1, \overline{m^0}\} \cup \{p_i | i=1, \overline{m^e}\}, \quad (9)$$

где  $m^0$  и  $m^e$  – количество проектов, соответственно, изменяющих и не изменяющих операционные расходы процессов.

Тогда решение задачи (6) – (8) можно свести к последовательному решению трех следующих задач:

1. Построение зависимости  $\{q^0(x), \Delta z^0(x)\}$  эффективности и изменения операционных расходов для подмножества  $\{p_i | i=1, \overline{m^0}\}$ . Для этого требуется решить задачу:

$$q^0(x) = \sum_{i=1}^{m^0} q(p_i)x_i \quad \max \quad (10)$$

$$\Delta z^0(x) = \sum_{i=1}^{m^0} z_i \Delta_i \leq \Delta^* \quad (11)$$

Задача (10) – (11) – типовая задача о ранце. Пусть  $\{x^0\} = \{(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)\}$  – множество решений задачи (10) – (11), а  $\{(q^0(x^0), \Delta z^0(x^0))\}$  – соответствующие решениям пары значений критерия (10) и ограничения (11).

2. Построение зависимости  $\{q^n(x), z^n(x)\}$  эффективности и изменения инвестиционных расходов для подмножества проектов, которые не изменяют операционные расходы. Для этого нужно решить задачу:

$$q^n(x) = \sum_{i=1}^{m^n} q(p_i)x_i \quad \max \quad (12)$$

$$z^n(x) = \sum_{i=1}^{m^n} z(p_i)x_i \quad z^*. \quad (13)$$

Это так же типовая задача о ранце. Пусть  $\{x^n\} = \{(x_6, x_7, x_8, x_9)\}$  – множество решений задачи (12) – (13), а  $\{(q^n(x^n), z^n(x^n))\}$  – соответствующие решениям пары значений критерия (12) и ограничения (13).

3. Формирование множества  $\{x\} = \{(x_1, x_2, x_3, \dots, x_8, x_9)\}$ , как произведения множеств  $\{x^0\} = \{(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)\}$  и  $\{x^n\} = \{(x_6, x_7, x_8, x_9)\}$  решений, соответственно, задач (10) – (11) и (12) – (13):

$$\{x\} = \{x^0\}x\{x^n\}. \quad (14)$$

4. Поиск на множестве (14) оптимального решения задачи:

$$q(x) = (q^0(x^0) + q^n(x^n)) \rightarrow \max \quad (15)$$

$$z(x) = z^0(x^0) + z^n(x^n) \leq z_{\max}^* \quad (16)$$

Это типовая задача о ранце.

**Нелинейная модель задачи.** Часто показателем эффективности проекта выбирают величину  $q/z$  (удельную эффективность), которая показывает какой эффект приходится на единицу затрат. Учитывая это обстоятельство, формализуем рассматриваемую задачу в виде следующей нелинейной модели:

$$q(x) = \sum_{i=1}^m \frac{q(p_i)x_i}{\sum_{i=1}^m (z(p_i) + \Delta z(p_i))x_i} \rightarrow \max \quad (17)$$

$$z_{\min}^* \leq z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i)x_i \quad z_{\max}^* \leq \quad (18)$$

$$\Delta z(x) = \sum_{i=1}^m z_i \Delta_i \quad \leq \Delta^* \quad (19)$$

Введение левой части ограничения (18) необходимо, так как при ее отсутствии критерий (17) может выбрать в качестве оптимального решение с недопустимо малым использованием инвестиционного бюджета.

Решение задачи (17) – (18), по аналогии со способом решения линейной задачи (6) – (8), осуществим на основе декомпозиции на три подзадачи:

1. Построение зависимости  $\{q^o(x), \Delta z^o(x)\}$  удельной эффективности и изменения операционных расходов для подмножества  $\{p_i | i = \overline{1, m^o}\}$ . Для этого требуется решить задачу:

$$q^o(x^o) = \sum_{i=1}^{m^o} \frac{q(p_i)x_i}{\sum_{i=1}^{m^o} (z(p_i) + \Delta z(p_i))x_i} \rightarrow \max \quad (20)$$

$$\Delta z^o(x^o) = \sum_{i=1}^{m^o} z_i \Delta_i \leq \Delta^*. \quad (21)$$

Пусть  $\{x^o\} = \{(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5)\}$  - множество решений задачи (20) – (21), а  $\{(q^o(x^o), \Delta z^o(x^o))\}$  - соответствующие решениям пары значений критерия (20) и ограничения (21).

2. Построение зависимости  $\{q^n(x), z^n(x)\}$  удельной эффективности и изменения инвестиционных расходов для подмножества проектов, которые не изменяют операционные расходы. Для этого нужно решить задачу:

$$q^n(x^n) = \sum_{i=1}^{m^n} \frac{q(p_i)x_i}{\sum_{i=1}^{m^n} (z(p_i) + \Delta z(p_i))x_i} \rightarrow \max \quad (22)$$

$$z^n(x^n) = \sum_{i=1}^{m^n} z(p_i)x_i = z^*. \quad (23)$$

Пусть  $\{x^n\} = \{(x_6 x_7 x_8 x_9)\}$  - множество решений задачи (22) – (23), а  $\{(q^n(x^n), z^n(x^n))\}$  - соответствующие решениям пары значений критерия (22) и ограничения (23).

3. Формирование множества  $\{x\} = \{(x_1 x_2 x_3 \dots x_8 x_9)\}$ , как произведения множеств  $\{x^o\} = \{(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5)\}$  и  $\{x^n\} = \{(x_6 x_7 x_8 x_9)\}$  решений, соответственно, задач (20) – (21) и (22) – (23):

$$\{x\} = \{x^o\}x\{x^n\}. \quad (24)$$

4. Поиск на множестве (24) оптимального решения задачи:

$$q(x) = \frac{q^o(x^o) + q^n(x^n)}{z^o(x^o) + \Delta z^o(x^o) + z^n(x^n)} \rightarrow \max \quad (25)$$

$$z_{\min}^* \leq z(x) = z^0(x^0) \neq z^H(x^H) \leq z_{\max}^* \quad (26)$$

**Пример решения линейных и нелинейной задачи.** В таблицах 1 и 2 приведены, соответственно, исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов жизненного цикла ИТ-сервиса и исходные данные об инвестиционных проектах. Используем эти данные для иллюстрации процедур решения линейных задач (4) –(5) и (6) –(8) и нелинейной задачи (17) –(19).

Таблица 1а – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 1

$\gamma_1 = 0,4$								
$\beta_{11}$	$\beta_{11} = 0,4$			$\beta_{12} = 0,3$		$\beta_{13} = 0,3$		
$\alpha_{11}^n$	0,5	0,2	0,3	0,6	0,4	0,4	0,5	0,1

Таблица 1б – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 2

$\gamma_2 = 0,3$					
$\beta_{21}$	$\beta_{21} = 0,4$		$\beta_{22} = 0,6$		
$\alpha_{21}^n$	0,8	0,20	0,2	0,5	0,3

Таблица 1в – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 3

$\gamma_3 = 0,2$							
$\beta_{31}$	$\beta_{31} = 0,3$			$\beta_{32} = 0,5$		$\beta_{33} = 0,2$	
$\alpha_{31}^n$	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	0,1

Таблица 1г – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 4

$\gamma_4 = 0,1$							
$\beta_{41}$	$\beta_{41} = 0,4$			$\beta_{42} = 0,2$		$\beta_{43} = 0,4$	
$\alpha_{41}^n$	0,2	0,5	0,3	0,7	0,3	0,2	0,8

Таблица 2 – Исходные данные о портфеле проектов сервисных улучшений

$p_i$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$
$q(p_i)$	0,592	0,384	0,420	0,212	0,15
$\Delta z(p_i)$	5	2	-1	3	-2
$z(p_i)$	14	16	19	9	8

Продолжение таблицы 2

$p_i$	$p_6$	$p_7$	$p_8$	$p_9$
-------	-------	-------	-------	-------

$q(p_i)$	0,576	0,816	1,374	1,334
$\Delta z(p_i)$	0	0	0	0
$z(p_i)$	10	13	21	7

Согласно исходным данным первые пять проектов изменяют операционные затраты на функционирование ИТ-процессов, а последние четыре – не изменяют ( $m^o = 5, m^n = 4$ ). Положим  $z_{\max}^* = 90, \Delta^* = 5$ .

**Результаты решения линейной задачи 1.** Решив задачу (4) –(5) методом дихотомического программирования, получим следующие три лучших результата, таблица 3.

Таблица 3 – Оптимальные решения задачи (4) –(5)

$x = x_1x_2x_3\dots x_8x_9$	1 1 0 1 0 1 1 1 1	1 1 0 0 1 1 1 1 1	1 0 1 0 0 1 1 1 1
$\Delta q$	5,288	5,226	5,112
$z$	90	89	84

**Результаты решения линейной задачи 2.** Решив, в соответствии с предложенной схемой декомпозиции, последовательно задачи (10) –(11), (12) –(13) и (15) – (16) получим следующие три лучших результата, таблица 4.

Таблица 4 – Оптимальные решения задачи (6) –(8)

$x = x_1x_2x_3\dots x_8x_9$	1 0 1 0 0 1 1 1 1	0 1 1 0 0 1 1 1 1	0 1 0 1 1 1 1 1 1
$q(x)$	5,112	4,904	4,846
$\Delta z(x)$	4	1	3
$z(x)$	84	86	84

**Результаты решения нелинейной задачи.** Положим  $z_{\min}^* = 80$ . Решив, в соответствии с предложенной выше схемой декомпозиции, задачу (20) –(21) для первых пяти проектов ( $m^o = 5$ ), получим следующие результаты, таблица 5.

Таблица 5 - Зависимость  $\{q^o(x), \Delta z^o(x)\}$  удельной эффективности и изменения операционных расходов

$x_1x_2x_3$	101	101	100	100	011	011
$x_4x_5$	01	00	01	00	11	10
$q^o$	0,027	0,027	0,030	0,031	0,022	0,021
$\Delta z^o$	2	4	3	5	2	4

Продолжение таблицы 5

$x_1x_2x_3$	011	011	010	010	010	010
$x_4x_5$	01	00	11	10	01	00
$q^0$	0,023	0,022	0,021	0,020	0,022	0,021
$\Delta z^0$	-1	1	3	5	0	2

Решив задачу (22) –(23) для последующих четырех проектов ( $m^n = 4$ ), получим результаты, приведенные в таблице 6.

Таблица 6 - Зависимость  $\{q^n(x), z^n(x)\}$  удельной эффективности и изменения инвестиционных расходов

$x_6x_7x_8x_9$	1111	1110	1101	1100	1011	1010
$q^n$	0,080	0,063	0,091	0,061	0,086	0,063
$z^n$	51	44	30	23	38	31

Продолжение таблицы 6

$x_6x_7x_8x_9$	1001	1000	0111	0110	0101	0100
$q^n$	0,112	0,058	0,086	0,064	0,108	0,063
$z^n$	17	10	41	34	20	13

Формируем множество (24) и определяем на этом множестве оптимальные решения задачи (25) - (26), таблица 7.

Таблица 7 – Оптимальные решения задачи (25) - (26)

$x_1x_2x_3x_4x_5$	1 0 1 0 0	0 1 0 1 1	0 1 1 0 0	1 0 1 0 1
$x_6x_7x_8x_9$	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	0 1 1 1
$q$	0,058	0,056	0,056	0,056
$z$	84	84	86	82
$\Delta z$	4	3	1	2

Все четыре решения незначительно отличаются по значениям  $q$  и  $z$ . Выбор лучшего из них следует предоставить ЛПР. Заметим, что при заданных исходных данных лучшее решение (1 0 1 0 0 1 1 1 1) нелинейной задачи (17) – (19) совпадает с лучшим решением второй линейной задачи (6) –(8) и является третьим по эффективности для первой линейной задачи (4) –(5).

Примечание. Снятие ограничения на  $z_{\min}^*$  для  $z(x)$ , приведет к выбору в качестве оптимального решения, приведенного таблиц 8.

Таблица 8 – Оптимальное решение задачи (25) - (26) при отсутствии ограничения  $z_{\min}^*$

$x_1x_2x_3x_4x_5$	1 0 0 0 0
$x_6x_7x_8x_9$	1 0 0 1
$q$	0,070
$z$	31
$\Delta z$	5

Это решение, несмотря существенно лучшее значения критерия, неприемлемо, так как использует только 30% инвестиционного бюджета.

### **Список литературы**

- 1.** В. В. Зимин, А. А. Ивушкин, С. М. Кулаков, К. А. Ивушкин / Основы управления жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации (лучшие практики ITIL): учеб. пособие // – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013. – 500 с.
- 2.** OGC-ITIL V3- 6 Service Lifecycle, Introduction ITIL. -TSO 2007. - 173р.
- 3.** В.Н. Бурков, В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин / Механизмы повышения безопасности дорожного движения: Монография // - М.: Книжный дом ЛИБРИКОМ.- 2012. - 208 с.
- 4.** В.В. Зимин, С.М. Кулаков, А.В. Зимин / Применение сетевого программирования для распределения ресурсов на оптимизацию ИТ-процессов // Системы автоматизации в образовании науке и производстве: Труды X Всероссийской научно-практической конференции. 17-19 декабря 2015 г. Новокузнецк: СибГИУ, 2015, с.228-233.
- 5.** Д.А. Новиков и др. / Механизмы управления: учебное пособие под редакцией Д.А. Новикова // -М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.
- 6.** И. В. Буркова / Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.13.10 // – Москва, ИПУ, 2012. – 181 с.
- 7.** N. Bruton / Managing the IT services process // - Butterworth Heinemann, 2004. - 222 p.
- 8.** M.Bichler, K.Bhattacharya / IT-service-management und IT-automation // WIRTSCHAFTSINFORMATIK. - 2011. - Vol.53. - P.1-2.
- 9.** P.Mckee, M.Fisher / The role of service level agreements in service oriented architectures // BT Technology Journal. - 2008. - Vol.1. - P.79-85.