

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

№ 3 (77)
2019

МОДЕЛИРОВАНИЕ
СЛОЖНЫХ
ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ

ОПТИМИЗАЦИЯ
И ПРИНЯТИЕ
РЕШЕНИЙ

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ



СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

2019
№ 3(77)



2019

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ 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.Гузаиров, 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 редакции:

394026 Воронеж, Московский проспект,
дом 179, корпус 3, комн. 314

Телефон: (473)2437718

Факс: (473)2661253 авт

E-mail: csit@bk.ru

<http://www.sbook.ru/csit/>

Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Издатель: ООО Издательство «Научная книга»

<http://www.sbook.ru>

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Цифровая полиграфия»

394036, г.Воронеж, ул.Ф.Энгельса, 52, тел.: (473)261-03-61

Подписано в печать 01.09.2019. Заказ 1349. Тираж 500. Усл. печ. л. 10,2.

Содержание

Раздел 1. Моделирование сложных объектов и систем (шеф-редактор В.Л.Бурковский)

Атласов И.В. Надежность работы системы, состоящей из нескольких параллельных устройств.....	4
Батаронов И.Л., Шунин Г.Е., Кострюков С.А., Пешков В.В., Писарев С.В. Конечно-элементный анализ динамики резонатора волнового твердотельного гироскопа	10
Ежова Н.А., Соколинский Л.Б. Модель параллельных вычислений BSF-MR.....	15
Кацюба О.А., Юрлов В.А. Асимптотические свойства нелинейных МНК-оценок параметров нелинейных разностных уравнений с помехами в выходных параметрах	21
Нуртазина К.Б., Райхельгауз Л.Б. Определение собственных значений разностного аналога задачи Штурма-Лиувилля с неизвестным оператором	23

Раздел 2. Оптимизация и принятие решений (шеф-редактор Т.М.Леденева)

Бондаренко Ю.В., Свиридова Т.А. Разработка двухуровневого механизма формирования компромиссной системы ставок налога на прибыль предприятий региона	27
Буйвис В.А., Новичихин А.В. Подход к распределению ресурсов в автодорожном комплексе.....	32
Еременко Ю.И., Супруненко В.В. Оценка грансостава руды методами машинного зрения	39
Орлов В.И., Шкаберина Г.Ш., Рожнов И.П., Ступина А.А., Казаковцев Л.А. Применение алгоритмов кластеризации с особыми мерами расстояния для задачи автоматической группировки электрорадиоизделий.....	42
Прилуцкий М.Х., Нетронин И.В. Задачи календарного планирования для предприятий с единичным и мелкосерийным характером производства	46

Раздел 3. Прикладные задачи и информационные технологии (шеф-редактор Е.С.Подвальный)

Алексеев Д.М., Минюк А.Н., Понимаш З.А., Шумилин А.С. Разработка и описание структуры и функционала облачной платформы хранения, систематизации и обработки медицинских данных: интеграция системы автоматического поиска участков эпилептической активности.....	52
Данилов А.Д., Терехов Д.В. Сравнительный анализ СУБД для выбора операционной базы данных	56
Зимин А.В., Буркова И.В., Зимин В.В. Оргмеханизмы формирования программ обучения пользователей ИТ-сервисов	63
Киселева Т.В., Кораблина Т.В., Пермьякова Е.П., Гусев М.М., Гусева А.Н. Формирование эффективных проектных команд на основе МвПРОР-технологии.....	67
Руцков А.Л., Бурковский В.Л., Акиндинова Е.В. Структурно-алгоритмическая реализация программного комплекса оптимизации производственных показателей территориальных сетевых организаций.....	71

Раздел 4. Перспективные исследования (шеф-редактор О.Я.Кравец)

Авксентьева Е.Ю., Анисимов Д.А., Шульмина В.Е. Разработка платформы с сервис-ориентированной архитектурой для образования	74
Киселева Т.В., Конюхова Е.С. Информационное воздействие и репутация членов групп социальных сетей на примере предприятия-провайдера	76
Мевис Ф.А. Определение точности позиционирования промышленных манипуляторов при помощи цифровой фото/видео камеры.....	79
Терехов Д.В. Программное управление целевыми характеристиками метода синхронизации базы данных.....	82
Зимин А.В., Буркова И.В., Зимин В.В. Игровые модели и механизмы формирования программ повышения компетенций пользователей ИТ-сервисов	86

nologies and Applications, Third International Conference on, p. 405-409. IEEE, 2009.

13. Sipke J, Van der Veen, Van der Waaij B., Meijer R.J. Sensor data storage per-

formance: Sql or nosql, physical or virtual// Cloud Computing, IEEE 5th International Conference on, p. 431-438. IEEE, 2012.

УДК 519.876.2

Зимин А.В., Буркова И.В., Зимин В.В.

ОРГМЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММ ОБУЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИТ-СЕРВИСОВ

Сибирский государственный индустриальный университет
Институт проблем управления РАН

Формулируются математические постановки задач, в которых конкретизированы различные цели обучения. Постановки отражают унифицированный и персонифицированный подход к обучению и являются оптимизационными (со скалярными и векторным критериями) и теоретико-игровыми моделями задач.

Введение

Актуальность гибкого целеполагания задач управления обусловлена угрозой потери конкурентоспособности в условиях цифровой трансформации, ориентированной на увеличение степени и скорости удовлетворения потребностей рынка и снижение издержек. Традиционной автоматизации «лучших практик» реализации бизнес-процессов (в том числе на основе интегрированных ERP-систем), посредством которых бизнес решает свои задачи, на современном этапе недостаточно. Требуется технология управления, которая позволяет оперативно изменять целевые показатели и механизмы управления при изменении обстановки или осознании бизнесом новых возможностей улучшения результата его деятельности. Компании, освоившие такую технологию управления, будут обладать неоспоримым конкурентным преимуществом. Условия для разработки и внедрения таких технологий созданы достижениями в ИТ-сфере: развитое сетевое взаимодействие, мобильность (доступность услуг и ресурсов в любое время и в любом месте), мощный аппарат анализа данных, облачные вычисления. Важнейшим компонентом новой технологии будут библиотеки семейств моделей и механизмов управления, соответствующих различному целеполаганию в задачах управления, решение которых требуется и требуется бизнесу.

Одним из важных факторов, определяющим длительность начальной (опытно-промышленной) эксплуатации ERP-системы, является качество подготовки пользователей к совместной работе в интегрированной системе

управления. Очевидно, что длительность и соответствующие потери от инцидентов, вызванных неквалифицированными действиями пользователей, могут быть существенно уменьшены за счет повышения уровня их компетенций.

Пусть $\{p_{ji} | i = \overline{1, n_j}\} | j = \overline{1, m}$ - множество программ обучения, реализуемых консалтинговой компанией, участвующей в создании ERP-системы (здесь j - номер бизнес-процесса; i - номер программы обучения; p_{ji} - i -я программа обучения для j -го бизнес-процесса; n_j - количество программ обучения для j -го процесса; m - количество автоматизируемых бизнес-процессов). Пусть также k_{ji} - количество пользователей, которое требуется обучить по программе p_{ji} , $c_{ji} = c(p_{ji})$ - стоимость обучения одного пользователя по программе p_{ji} . Задача состоит в формировании программы обучения пользователей, обеспечивающей достижение необходимого результата обучения.

Рассмотрим следующие два варианта определения значений целевых показателей.

- Целевой показатель эффективности программы обучения формируется на основе унифицированного подхода к обучению, то есть на основе оценок полезности $q_{ji} = q(p_{ji})$ обучения одного пользователя по программе p_{ji} , представленных консалтинговой компанией.

- Целевой показатель эффективности программы формируется на основе персонифицированного подхода к повышению компетенций, то есть на основе оценок полезности $q_{ji}^k = q_{ji}^k(p_{ji})$, $k = \overline{1, k_{ji}}$, обучения конкретного k -го пользователя по программе p_{ji} , сформированных руководителями соответствующих бизнес-процессов.

Каждому из вариантов соответствует множество возможных математических моделей рассматриваемой задачи: оптимизационных

(скалярных, векторной), теоретико-игровых.

Оптимизационные модели и механизмы управления компетенциями на основе унифицированного подхода. Введем дискретную переменную x_{ji} , которая равна единице, если пользователи подлежат обучению в соответствии с программой p_{ji} , и равна нулю в противном случае. Тогда прямую задачу формирования оптимальной программы обучения пользователей можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{aligned} q &= \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max; \\ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} &\leq c^*; \\ \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} &\geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}; \end{aligned} \quad (1)$$

здесь k_j^* - ограничение, устанавливаемое менеджером бизнес-процесса j на количество подлежащих обучению сотрудников.

Структурная декомпозиция задачи (1) и пример ее решения приведены в работе [1].

Обратная к задаче (1) будет следующая:

$$\begin{aligned} c &= \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \rightarrow \min; \\ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} &\geq q^*; \\ \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} &\geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (2)$$

Декомпозиция задачи (2) и пример решения приведены в работе [2].

В силу структурного подобия функций c и q обе задачи решены методом дихотомического программирования [3, 4]. Отметим следующую важную особенность этого метода. При решении каждой из последовательности оценочных задач, на которые декомпозируется исходная задача, формируется подмножество решений, которые допустимы по ограничениям и являются Парето-оптимальными по q и c . Объединение решений последних оценочных задач прямой и обратной задачи, в силу отмеченной особенности, представляет собой подмножество Парето-решений задачи векторной оптимизации:

$$\begin{aligned} (q, c) &\rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} &\geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (3)$$

Опираясь на свои предпочтения, лицо, принимающее решение (ЛПР), может выбрать из этого подмножества лучший вариант. Процеду-

ра определения оптимума задачи (3) на указанном подмножестве Парето-решений может быть формализована посредством применения механизма комплексного оценивания [5].

Примеры решений задач (1) - (3). 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 для прямой задачи $c^*=1100$, а для обратной $q^*=55$.

Решая методом дихотомического программирования обе задачи, получим, соответственно, следующие Парето-решения, табл. 2 и 3.

Таблица 1

Исходные данные задачи унифицированного обучения

	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
	$k_1 \geq k_1^* = 5$			$k_2 \geq k_2^* = 3$		$k_3 \geq k_3^* = 2$	

Таблица 2

Результаты решения прямой задачи, оптимальные по Парето

q_{123}	45	51	39	36	<u>59</u>	50	53	56
k_{123}	12	14	11	11	<u>14</u>	13	13	15
c_{123}	774	902	722	632	<u>1026</u>	884	974	992
x_1	101	111	011	110	<u>101</u>	110	011	110
x_2	10	10	10	10	<u>10</u>	10	10	10
x_3	01	01	01	01	<u>10</u>	10	10	11

Таблица 3

Результаты решения обратной задачи, оптимальные по Парето

q_{123}	83	77	71	65	59	<u>56</u>
k_{123}	21	19	18	16	14	<u>15</u>
c_{123}	1532	1404	1262	1134	1026	<u>992</u>
x_1	1 1 1	1 0 1	1 1 1	1 0 1	1 0 1	<u>1 1 0</u>
x_2	1 1	1 1	1 0	1 0	1 0	<u>1 0</u>
x_3	1 1	1 1	1 1	1 1	1 0	<u>1 1</u>

Подчеркиванием выделены оптимальные решения прямой и обратной задач. Объединяя решения обеих задач и исключая те, которые доминируются другими, получаем Парето-решения задачи векторной оптимизации, табл. 4.

Таблица 4

Результаты объединения Парето решений прямой и обратной задачи

q_{123}	53	51	50	45	39	36
k_{123}	13	14	13	12	11	11
c_{123}	974	902	884	774	722	632
x_1	0 1 1	1 1 1	1 1 0	1 0 1	0 1 1	1 1 0
x_2	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0
x_3	1 0	0 1	1 0	0 1	0 1	0 1

Для формализации выбора ЛПР лучшего из

Парето-решений применим механизм комплексного оценивания, который будет включать следующие процедуры:

1 - приведение шкал измерения локальных показателей эффективности q и c к единой дискретной балльной шкале заданного ранга R (положим $R=100$):

1.1 - определение диапазонов измерения показателей q и c (в данном примере $q_{\min}=36$, $q_{\max}=83$, тогда $q \in [35, 85]$, $c_{\min}=632$, $c_{\max}=1532$, положим $c \in [630, 1540]$).

1.2 - определение длин интервалов показателей q и c , приходящихся на один балл шкалы измерения:

$$\delta_q = \frac{85 - 35}{100} = 0,5, \quad \delta_c = \frac{1540 - 630}{100} = 9,1;$$

2 - вычисление значений $q^b(q)$ и $c^b(c)$ в новой шкале измерения (для $q^b(q)$ прямая шкала измерения, для $c^b(c)$ - обратная).

3 - вычисление средневзвешенных значений интегрального показателя $(q, c)^b = \alpha_q q^b + \alpha_c c^b$, описывающего эффективность решения, полученную на основе аддитивной свертки локальных показателей и их относительных весов, заданных ЛПР ($\alpha_q + \alpha_c = 1$).

В табл. 5 приведены результаты преобразования значений показателей объединения Парето-решений прямой и обратной задач из естественных шкал измерения в единую 100-балльную шкалу (на месте показателя k размещен интегрированный показатель $(q, c)^b = \alpha_q q^b + \alpha_c c^b$; ($\alpha_q = 0,34$ и $\alpha_c = 0,66$). На рис. 1 эти результаты визуализированы.

Таблица 5

Результаты объединения Парето решений прямой и обратной задачи

q	96	84	72	60	48	42	36	32	30
c	100	86	70	56	44	40	38	30	28
x1	11	11	11	11	10	11	10	01	10
x2	11	11	10	10	10	10	10	10	10
x3	111	101	111	101	101	110	011	111	110

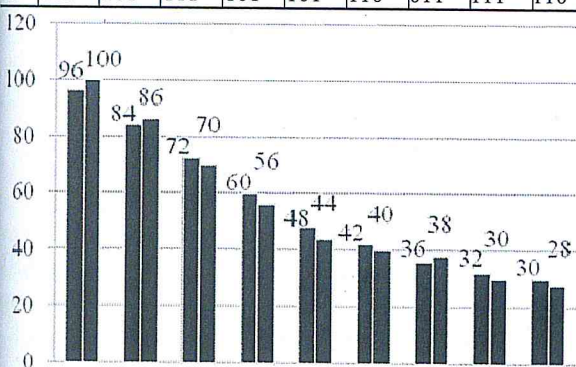


Рис. 1. Диаграмма, описывающая множество Парето-решений задачи векторной оптимизации в единой балльной шкале измерения

Представляют интерес решения 3 и 4. Третье решение ($x_1=111$, $x_2=10$, $x_3=11$) является наиболее сбалансированным и характеризуется тем, что при расходе 70% от максимума ресурсов получаем 72 % от максимума возможного результата. Четвертое решение ($x_1=101$, $x_2=10$, $x_3=11$) является наилучшим по эффективности использования ресурсов: 56% ресурсов обеспечивает 60% значения показателя q (т.е. на 4% больше, чем расход ресурсов).

Оптимизационные модели и механизмы управления компетенциями на основе персонифицированного подхода. Введем дискретную переменную x_{ji}^k , которая равна единице, если k -й пользователь j -го процесса подлежит обучению по программе p_{ji} , и равна нулю в противном случае. Тогда прямую задачу формирования оптимальной программы обучения пользователей можно сформулировать следующим образом:

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

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

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

Обратной к сформулированной задаче (4) будет задача

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

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

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

Задача векторной оптимизации принимает вид

$$(q, c) \rightarrow \max;$$

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

Задачи (4) - (6) решаются так же, как задачи (1) - (3) методом дихотомического программирования с применением механизма комплексного оценивания.

Игровые модели решения задачи управления компетенциями. Использование оптимизационных моделей предполагает, что лица, интересы которых затрагивает решаемая задача (центр, распоряжающийся средствами на обучение, и руководители бизнес-процессов, которых далее будем называть игроками), достигли согласия о едином целеполагании (случай сов-

падающих интересов). Приведенные выше оптимизационные модели соответствуют такому совпадению. В общем случае это предположение неверно, и значит решаемую задачу следует рассматривать как теоретико-игровую, в которой каждый игрок решает задачу со своей целевой функцией, а центр - со своей [6 - 8].

Для более точного учета интересов игроков отразим в модели задачи в качестве одного из показателей эффективности время t_{ji} , в течение которого пользователи не участвуют в выполнении текущих работ из-за обучения в консалтинговом центре по программе p_{ji} . Тогда каждый игрок в зависимости от текущей обстановки может решать одну из следующих задач:

$$q_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max;$$

$$t_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} t_{ji} x_{ji}^k \leq t_j^*; \quad (7)$$

$$t_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} t_{ji} x_{ji}^k \rightarrow \min;$$

$$q_j = \sum_i^{n_j} \sum_k^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \leq q_j^*; \quad (8)$$

$$(q_j, t_j) \rightarrow \text{opt}. \quad (9)$$

Пусть $\{\{q_j^l | l = \overline{1, L_j}\} | j = \overline{1, m}\}$ - множество решений, сформированных всеми игроками в результате решения своих задач. Тогда центр, опираясь на эти решения, и в зависимости от текущей обстановки может, например, решать одну из следующих задач:

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

$$c = \sum_{j=1}^m c_j^l x_j^l \leq c^*; \quad (10)$$

$$c = \sum_{j=1}^m c_j^l x_j^l \rightarrow \min;$$

$$q = \sum_{j=1}^m q_j^l x_j^l \geq q^*; \quad (11)$$

$$(q, c) \rightarrow \text{opt}, \quad (12)$$

где x_j^l принимает значение 1, если центр включает в программу обучения l -е решение j -го игрока и 0 в противном случае.

Можно уточнять модели задачи, например, посредством введения новых показателей эффективности или путем учета предпочтительности обучения конкретного пользователя и т.п.

После каждого обучения пользователей по конкретной программе p_{ji} игроки получают информацию о качестве обучения, на основе

которой они могут скорректировать значения q_{ji} . Если эти изменения значимы, то целесообразно повторить игру, т.е. найти новое решение игры для еще нереализованной части программы обучения [16 - 20].

Выводы. Ключевая особенность гибких организационных механизмов управления — предоставление возможности ЛППР (для оптимизационных моделей) и игрокам (для игровых моделей) выбора из множества целевых показателей решаемой задачи управления того показателя и отвечающего ему механизма управления, которые наилучшим образом соответствуют сложившейся на момент принятия решения обстановке, а также возможности изменять показатель и механизм управления в процессе реализации решения. Такой подход позволяет избежать издержек, связанных с реализацией механизмов управления, ориентированных на целевой показатель, который перестал быть актуальным.

Список использованных источников

1. Формирование программ обучения пользователей ERP-системы / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Митьков, В.В.Зимин // Изв. вуз. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 10. С. 813-817.
2. Механизм векторной оптимизации для задач ресурсного планирования / В.В. Митьков, В.В.Зимин, А.В. Зимин, И.Г. Степанов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 398 - 402.
3. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. - М., 2012. - 40 с.
4. Зимин В.В., Киселева Т.В. Задача оптимального распределения ресурсов на системное тестирование релизов ИТ-сервиса // Моделирование и наукоемкие технологии в технических и социально-экономических системах: Тр. Всеросс. НПК с международным участием. В 2-х ч. Ч. 2. - Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2016. С. 135 - 140.
5. Механизмы управления: учебное пособие/ под ред. Д.А. Новикова. - М.: ЛЕНАНД, 2011. - 192 с.
6. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. // М.: ИПУ РАН, 2005. - 138 с.
7. Антонов В.Н., Терехов В. А.Тюкин И.Ю. Адаптивное управление в технических системах: Учеб. пособие. - СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2001. - 244 с.
8. Wolter F. First order common knowledge logics // Studia Logica. 2000. Vol. 65. P. 249 - 271.