

На правах рукописи



**Зимин Алексей Валерьевич**

**РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И МЕТОДОВ  
КОНКУРЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ  
ЦИКЛОМ СЕРВИСОВ ИТ-ПРОВАЙДЕРА**

Специальность

2.3.4 – «Управление в организационных системах»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Новокузнецк – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» на кафедре автоматизации и информационных систем.

**Научный консультант:** **Буркова Ирина Владимировна**, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБ УН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» РАН

**Официальные оппоненты** **Баркалов Сергей Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

**Гельруд Яков Давидович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Экономическая безопасность» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

**Россихина Лариса Витальевна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» федерального казённого образовательного учреждения высшего образования «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний»

**Ведущая организация** ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Защита состоится «13» октября 2021 г. в 11 ч. 00 мин. (ауд. 3П) на заседании диссертационного совета 24.2.401.02 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ) по адресу: 654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42, факс (3843) 46-57-92, E-mail: [ptrvt@mail.ru](mailto:ptrvt@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «СибГИУ» и на сайте <https://www.sibsiu.ru/dis/index.php?show=disert&id=124>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, д.э.н., профессор



Т.В. Петрова

**Актуальность исследования.** Конкурентоспособность многих ИТ-провайдеров последние 20 лет связана с наличием компетенций по удовлетворению потребностей крупного, среднего и малого бизнеса в реинжиниринге бизнес-процессов предприятия (ориентированного на рыночные условия работы) и во внедрении ERP-систем (Enterprise Resource Planning - планирование ресурсов предприятия), реализующих усовершенствованные бизнес-процессы. При удовлетворении этих потребностей поставщики ИТ-услуг опирались на применение «лучших практик» методологии ITIL v3, v4 организации ИТ-деятельности, использование которых обеспечивало бизнесу конкурентные преимущества за счет повышения производительности его активов, качественного повышения достоверности информации, циркулирующей в системе управления, а также за счет существенного сокращения времени принятия бизнесом управленческих решений. Сегодня, в силу применения все большим числом ИТ-компаний, конкурентоспособность «лучших практик» управления ИТ-сервисами и ИТ-процессами снижается, что делает актуальными задачи их совершенствования.

Повышение конкурентных преимуществ поставщика ИТ-услуг на современном этапе (в условиях четвертой промышленной революции) будет связано с компетенциями, необходимыми для реализации перехода от управления предприятием в парадигме ERP к непосредственному (online) управлению бизнес-процессами интеллектуальной системой (ИЕМ-системой - Intelligent Enterprise Managing) на основе достижений в сфере ИТ-технологий (сетового взаимодействия, доступности услуг и ресурсов в любое время и в любом месте, возможностей анализа больших данных, облачных технологий, интернета вещей).

Перспективным направлением повышения конкурентоспособности ИТ-провайдера является интеграция концептуальных знаний об организации ИТ-деятельности, изложенных в виде «лучших практик» в ITIL-v3, v4 (структура жизненного цикла ИТ-сервиса, состав, цели, задачи ИТ-процессов, показатели эффективности и др.), составляющих сильную сторону менеджмента, и знаний о методах анализа и синтеза математических моделей и построения оптимальных механизмов управления, составляющих сильную сторону теории управления. Такая интеграция позволит получить дополнительные конкурентные преимущества в результате многовариантной формализации решаемых задач и перехода от эвристических процедур поиска приближенных решений, предложенных менеджментом в виде «лучших практик», к алгоритмам формирования оптимальных решений.

Формальные постановки и алгоритмы решения задач управления, необходимые для наполнения предметной и процедурной составляющих базы знаний интеллектуальной системы управления ИТ-сервисами и процессами, могут уже сегодня (до полноценного внедрения ИЕМ) применяться для повышения эффективности управленческих решений ИТ-провайдеров. Такое применение позволит постепенно замещать такие функции ИТ-персонала как выбор формальной модели задачи и алгоритма ее решения соответствующим интеллектуальным инструментарием. Поэтому решение проблемы повышения на совре-

менном этапе конкурентоспособности поставщиков ИТ-услуг всех типов и форм собственности на основе разработки и применения структуры адаптивной к рыночной среде и саморазвивающейся системы управления активами ИТ-провайдера, формализации постановок и совершенствования методов и алгоритмов решения задач управления жизненным циклом ИТ-сервиса представляется актуальным.

**Степень разработанности темы исследования.** Имеет место огромный поток публикаций по применению механизмов управления, в основу которых положены «лучшие практики» управления жизненным циклом ИТ-сервиса, предложенные в библиотеке Information Technology Infrastructure Library (ITIL-v3, v4). Отметим труды Лобутенко М.В., Суровцева А.С., Зуева Д.А., Зуева А.Г., Калистратова А.П., Агафонова А.Н., Иванова Д.Б., Васильева Р.Б., Левочкиной Г.А. Розановой Н.М., Зимина В.В. и др. «Лучшие практики» стали де-факто общепризнанным мировым стандартом, обеспечивающим ИТ-провайдерам конкурентные преимущества. Лидерами в области создания технологий управления ИТ-процессами и предоставления ИТ-услуг являются: компания Tivoli Systems, Inc (подразделение IBM с 1996г) - производитель программного обеспечения Тиволи (бренд в пределах облака IBM с 18%-й долей на рынке); компания HP, выпускающая программное обеспечение под маркой Business Technology Optimization. Программные продукты этих компаний адресованы современным ИТ-организациям для повышения эффективности ИТ-процессов. Эти компании, вкладывая огромные средства, реализуют в своих продуктах механизмы «лучших практик» организации ИТ-деятельности.

Однако, несмотря на значительные достижения в области качества поставляемых ИТ-услуг, важной проблемой остается недостаточная эффективность получаемых при применении «лучших практик» (эвристических процедур, разработанных на основе методов теории и практики менеджмента для «усредненных» условий применения) решений задач управления ИТ-сервисами и ИТ-процессами.

Произошедшие изменения в рыночной среде побуждают к поиску новых конкурентных преимуществ, в частности, связанных с применением и развитием теоретических основ и практических методов управления жизненным циклом информационно-технологических сервисов поставщиков ИТ-услуг с целью повышения качества принимаемых управленческих решений.

Базу для этих исследований и разработок составляют значительные достижения в области создания эффективных механизмов управления организационными системами (Бурков В.Н., Новиков Д.А., Губко М.В.), теории сетевого программирования (Бурков В.Н., Буркова И.В., Баркалов С.А.), методологии управления (Новиков Д.А.), теории принятия решений (Петровский А.Б., Рыков А.С., Виленский П.Л., Танаев В.С., Черноуцкий И.Г., Ларичев О.И., Поспелов А.Б., Гермейер Ю.Б., Саати Т.Л., Беллман Р., Вагнер Г., Конвей, Р.В.).

**Объект исследования** – система управления жизненным циклом ИТ-сервиса.

**Предмет исследования** – функциональная структура системы конкурентного управления ИТ-активами, методы формализации и постановка задач, методы принятия решений и алгоритмы управления ИТ-сервисами и процессами ИТ-провайдера.

**Идея работы** состоит в получении ИТ-провайдерами дополнительных конкурентных преимуществ посредством интеграции знаний об управлении ИТ-сервисами и ИТ-процессами методологии ITIL-v3, v4 (являющаяся результатом теории и практики менеджмента) и достижений теории управления и принятия решений в области построения математических постановок задач и оптимальных алгоритмов их решения.

**Цель диссертационного исследования:** Решение проблемы повышения на современном этапе конкурентоспособности поставщиков ИТ-услуг всех типов и форм собственности на основе разработки и применения структуры адаптивной к изменениям рыночной среды и саморазвивающейся системы управления активами ИТ-провайдера, формализации постановок и совершенствования методов и алгоритмов решения задач управления жизненным циклом ИТ-сервиса.

**Задачи диссертационного исследования.**

1. Изучение «лучших практик» методологии ITIL v3, v4 по структуризации ИТ-деятельности и принятию решений при управлении жизненным циклом ИТ-сервисов.

2. Разработка методов анализа и синтеза функциональной структуры адаптивной к рыночной среде и саморазвивающейся системы конкурентного управления активами ИТ-провайдера.

3. Разработка методов формализации, постановка, а также разработка методов и алгоритмов для следующих задач управления ИТ-сервисами и процессами, решаемых на различных стадиях жизненного цикла ИТ-сервиса:

- задачи формирования функционального объема ERP-системы предприятия (стадия стратегии);
- задачи формирования календарного плана разработки ИТ-сервисов бизнес-процессов предприятия параллельно работающими проектными группами (стадия проектирования);
- задачи формирования функционального объема пилотного тестирования ERP-системы предприятия (стадия внедрения);
- задач формирования и развертывания релизов ИТ-сервисов в эксплуатационной ИТ-среде (стадия внедрения);
- задач формирования плана сервисных улучшений (стадия непрерывных улучшений);
- задач унифицированного и персонифицированного управления компетенциями ИТ-персонала и пользователей ИТ-сервисов (все стадии жизненного цикла);
- теоретико-игровых задач управления компетенциями ИТ-персонала и пользователей ИТ-сервисов (все стадии жизненного цикла);

4. Построение метода и процедуры решения обобщенной двойственной задачи (ОДЗ) сетевого программирования, порождаемой прямой задачей персонифицированного управления компетенциями.

5. Разработка специального программного обеспечения, реализующего механизмы оптимального управления ИТ-сервисами и ИТ-процессами.

**Соответствие паспорту специальности.** Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.4 – «Управление в организационных системах», пункты 2, 4, 5, 8.

### **Научная новизна.**

1. Метод анализа, синтеза и функциональная структура системы конкурентного управления активами ИТ-провайдера, отличающиеся наличием связей с рыночной средой (потребляемые ИТ-сервисы, клиенты, конкуренты, инновации ИТ-сферы) и с подсистемами управления стадиями жизненного цикла ИТ-сервиса, обеспечивающими саморазвитие и адаптацию к критическим факторам успеха рыночной среды.

2. Методы формализации, многовариантные математические постановки, методы и многоструктурные алгоритмы, отличающиеся структурно-подобным представлением показателей эффективности решаемых задач и позволяющие ЛПП выбрать, в соответствии с его целеполаганием, математические модели и алгоритмы эффективного решения следующих задач управления:

- задачи формирования функционального объема ERP-системы предприятия, отличающейся учетом связей между бизнес-процессами предприятия, учётом используемых унаследованных проектных решений из систем «лоскутной автоматизации» и учётом затрат на создание ERP-системы, что позволяет ЛПП посредством определения предельного числа связей управлять рисками реализации ERP-проекта;

- задач формирования плана сервисных улучшений, оптимизирующих комплексный показатель эффективности процессов жизненного цикла ИТ-сервиса, отличающихся учетом инвестиций в проекты оптимизации и учётом изменений операционных затрат на функционирование совершенствуемых ИТ-процессов, а также схемой декомпозиции исходной задачи на основе разбиения множества проектов оптимизации на подмножества, изменяющие и не изменяющие операционные затраты. Это позволяет ЛПП сформировать оптимальный план с предпочтительным для него соотношением инвестиционных и операционных затрат;

- задачи календарного планирования разработки ИТ-сервисов бизнес-процессов предприятия параллельно работающими проектными группами, отличающейся синхронизацией периодов времени проектирования взаимозависимых ИТ-сервисов, а также описанием затрат на разработку отдельного сервиса невозрастающей функцией от момента времени начала его проектирования;

- задачи определения функционального объема пилотного тестирования ERP-системы предприятия, отличающейся определением множества тестируемых ИТ-сервисов и подмножеств подлежащих проверке связей каждого из тестируемых сервисов с другими сервисами, а также учитывающие ограничения на общие затраты на тестирование, на число тестируемых сервисов отдельного бизнес-процесса и на число сервисов, с которыми проверяются связи тестируемого сервиса;

- задач формирования и календарного планирования развертывания релизов ИТ-сервисов, отличающихся учетом структурных свойств ИТ-сервисов и динамики применения ИТ-сервисов пользователями, а также учетом пропускной способности канала обслуживания отказов сервисов, обусловленных некорректным развертыванием релизов;

- скалярных и векторных задач унифицированного и персонифицированного управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов, отличающихся

процедурой поиска оптимального решения векторной задачи на объединении Парето-решений прямой (максимизирующей суммарные компетенции обучающихся при заданном бюджете) и обратной задачи (минимизирующей затраты для достижения заданного уровня компетенций) управления компетенциями;

- теоретико-игровых задач управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов, отличающихся формированием оптимальных стратегий центра и агентов на основе базовых решений, формируемых центром из решений, соответствующих оптимальным решениям обобщенной двойственной задачи.

3. Метод и итеративная процедура решения обобщенной двойственной задачи (ОДЗ) сетевого программирования, порождаемой задачей управления компетенциями, отличающиеся завершением итеративной процедуры при совпадении множеств решений исходной задачи на последних двух итерациях, и позволяющие найти оптимальное решение порождающей ОДЗ исходной задачи.

4. Программный комплекс, реализующий алгоритмы решения задач управления ИТ-сервисами и процессами и позволяющий формировать и исследовать оптимальные решения следующих скалярных, векторных и игровых задач управления:

- задачи формирования функционального объема ERP-системы предприятия;
- многовариантной задачи формирования плана сервисных улучшений;
- скалярных и векторных задач унифицированного и персонифицированного управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов.

5. Программный комплекс, реализующий итеративную процедуру поиска решения обобщенной двойственной задачи, порождаемой задачей управления компетенциями, позволяющий найти решение порождающей ОДЗ исходной задачи, минимизирующее значение верхней границы, получаемое в результате применения метода сетевого программирования.

**Теоретическая значимость работы.** Результаты исследования являются развитием современных представлений ИТ-менеджмента об организации деятельности поставщиков ИТ-услуг, опираются на опыт разработки и внедрения ERP-проектов на ОАО ЗСМК и ОАО НКМК и представляют собой интеграцию концептуальных решений и «лучших практик» менеджмента с положениями и методами системного анализа, теории управления организационными системами, управления проектами, дискретной математики и нового ее раздела – теории сетевого программирования. Результаты, в совокупности, образуют систему теоретических моделей и механизмов управления, которые дают возможность поставщику ИТ-услуг получить дополнительные конкурентные преимущества за счет:

- включения в структуру системы управления активами ИТ-провайдера функциональных связей между ИТ-процессами стадий жизненного цикла «стратегия», «непрерывных улучшений», «проектирование», «внедрение», «эксплуатация», обеспечивающих саморазвитие и адаптацию к критическим факторам успеха конкурентной среды;
- перехода от содержательных постановок и эвристических процедур решения ключевых задач управления ИТ-сервисами и ИТ-процессами (определя-

емых «лучшими практиками») к математическим постановкам и процедурам оптимального управления.

**Практическая значимость работы.** Разработанные многоструктурные процедуры решения для многовариантных постановок задач управления сервисами и процессами, а также соответствующие комплексы программ, составляют набор эффективных инструментов получения дополнительных конкурентных преимуществ для ИТ-провайдеров различных типов и форм собственности за счет повышения:

- конкурентоспособности активов;
- рентабельности портфеля ИТ-сервисов;
- согласованности календарных планов реализации ИТ-сервисов;
- качества тестирования и развертывания ИТ-сервисов;
- доступности ИТ-сервисов для пользователей;
- компетенций ИТ-персонала;
- эффективности системы стимулирования ИТ-персонала.

Полученные в исследовании результаты (структура конкурентной системы управления, постановки задач управления ИТ-сервисами и ИТ-процессами, процедуры решения) могут быть использованы также в качестве прототипов решений для других сфер деятельности, в частности, в сферах строительства и энергонедежмента.

В учебном процессе результаты работы применяются для углубления компетенций по направлениям подготовки 09.03.02 и 09.03.04 «Информационные системы и технологии» (дисциплины: «Проектная деятельность», «Управление жизненным циклом ИТ-сервисов», «Корпоративные информационные системы», «Теория информационных процессов и систем», «Интеллектуальные информационные системы», «Методы дискретной оптимизации в управлении проектами»).

**Методология и методы исследования:** изучение, анализ, обобщение и формализация «лучших практик» управления деятельностью поставщиков ИТ-услуг; натурные наблюдения; методы теории множеств, методы системного и математического анализа; методы и механизмы теории управления организационными системами, управления проектами, управления активными системами; имитационное и игровое моделирование; теория принятия решений; методы дискретной математики, включая методы нового ее раздела - теории сетевого программирования; компьютерное моделирование.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Функциональная структура системы конкурентного управления активами ИТ-провайдера.
2. Формализация задачи формирования функционального объема ERP-системы предприятия, схема ее декомпозиции и композиции, процедуры решения частных задач, программная реализация процедур и результаты решения.
3. Многовариантная формализация задачи управления формированием плана сервисных улучшений ИТ-провайдера, многоструктурная процедура решения, программная реализация процедуры и результаты решения.



4. Математическая постановка и процедура решения задачи календарного планирования разработки ИТ-сервисов параллельно работающими проектными группами.

5. Формализация задачи и процедура определения функционального объема пилотного тестирования ERP-системы предприятия.

6. Многовариантная формализация задачи формирования и календарного планирования развертывания релизов ИТ-сервисов, схема декомпозиции, процедуры решения частных задач, их программная реализация и результаты решения.

7. Скалярные, векторные и теоретико-игровые формализации задач унифицированного и персонализированного управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов, процедуры решения, схемы поиска компромисса, программная реализация процедур и схем компромисса, результаты решения задач и игр.

9. Метод и итеративная процедура поиска решения обобщенной двойственной задачи управления компетенциями, программная реализация процедуры и результаты решения ОДЗ.

**Степень достоверности результатов.** Основные результаты проведенных исследований подтверждаются использованием: лучших мировых практик по структуризации ИТ-деятельности и управлению ИТ-сервисами и ИТ-процессами; аппарата системного и математического анализа, методов теории сетевого программирования, механизмов управления организационными системами; компьютерного моделирования; результатами обсуждения и внедрения моделей и механизмов управления и прикладных решений в компаниях АО «ЕВРАЗ ЗСМК», ООО «СТРИМ», ПАО «Банк Левобережный», АО НПП «Эталон» Кемеровский филиал, ООО «Кузбассавтоцентр», ООО «Флай Моторс», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет».

**Апробация результатов.** Основные положения и результаты работы докладывались на 11 международных и всероссийских конференциях: V Международная научно-практическая конференция «Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах, Новокузнецк, 2021 г.; I Международная конференция «ASEDU-2020»: «Перспективы развития естественно-научного, инженерного и цифрового образования» (Красноярск, 2020 г.), International Scientific Conference "Applied Physics, Information and Engineering Technologies – APITECH (Красноярск, 2019 г.), «XIII Всероссийское совещание по проблемам управления» (Москва, Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, 17-20 июня 2019 г.), «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» (Новокузнецк, 2020, 2019, 2018 г.г.), «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России» (Новокузнецк, 2019 г.). «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» (Новокузнецк, 2019, 2017, 2015 г.г.).

**Публикации.** Материалы по теме диссертации опубликованы в 49 печатных работах: 16 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 6 статей в изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Scopus, 1 научной монографии, 1 учебном пособии, четырех свидетельствах о государ-

ственной регистрации программ для ЭВМ, 21 публикации в материалах международных и всероссийских научных конференциях.

**Личный вклад автора заключается:** в изучении и обобщении лучших мировых практик управления деятельностью ИТ-провайдера; в разработке функциональной структуры развивающейся и адаптивной системы конкурентного управления активами ИТ-провайдера; в разработке многовариантных формализаций, схем декомпозиции и композиции, процедур решения задач: формирования функционального объема ERP-системы предприятия, формирования плана сервисных улучшений ИТ-провайдера; построения календарного плана разработки ИТ-сервисов параллельно работающими проектными группами, формирования объема пилотного тестирования ERP-системы; формирования и календарного планирования развертывания релизов ИТ-сервисов; оптимизационного и теоретико-игрового управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов; а также в разработке метода и итеративной процедуры поиска оптимальных решений обобщенной двойственной задачи сетевого программирования, порождаемой задачей управления компетенциями.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Объем работы включает 284 страниц, в том числе 220 страниц основного текста, 33 рисунка, 109 таблиц, 315 библиографических наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** дано общее описание работы, ее актуальности, степени работанности темы в России и за рубежом, приводится идея и формулируются проблема, цель исследования, перечисляются задачи исследования, обосновываются достоверность, теоретическая и практическая значимость, а также новизна полученных результатов.

**В первой главе** «Основы конкурентоспособного управления информационно-технологическими сервисами и процессами» дан обзор основных сведений методологии ITIL v3, v4 об ИТ-сервисе, его жизненном цикле, об ИТ-процессах стадий, о проблемах, критических факторах успеха и рисках управления жизненным циклом ИТ-сервиса. Приведены и проанализированы базовые условия конкурентоспособности ИТ-провайдера и их связь с критическими факторами успеха. Показана взаимосвязь понятий конкурентоспособности активов и ИТ-стратегии поставщика ИТ-услуг. Описана взаимозависимость сервисных активов и активов потребителей сервисов. Рассмотрено значение функций мониторинга, контроля и процедуры бенчмаркинга для управления конкурентоспособностью ИТ-активов. В главе приведены одноуровневая структура системы адаптивного управления отдельной ИТ-операцией и двухуровневая (сложная) структура системы адаптивного управления ИТ-процессом.

В заключительном параграфе «Определение проблемы и постановка задач исследования» отмечены основные недостатки «лучших» практик, изложены методологические подходы преодоления недостатков и сформулирована *актуальная научная проблема* создания на современном этапе для поставщиков ИТ-услуг всех типов и форм собственности конкурентных преимуществ *на основе*

разработки и применения структурной модели адаптивной к рыночным условиям и развивающейся системы управления активами ИТ-провайдера и разработки семейства математических постановок и процедур решения задач управления ИТ-сервисами и процессами на основе интеграции «лучших практик» ITIL v3, v4 с моделями и механизмами теории управления, которые обеспечивают большую эффективность (а значит создают новые конкурентные преимущества), чем «лучшие практики».

**Во второй главе** «Развитие основ и методов конкурентного управления портфелем ИТ-сервисов и ИТ-процессами жизненного цикла сервиса» исследуются задачи, решаемые на стадиях стратегии и непрерывной оптимизации жизненного цикла ИТ-сервиса. В ней описаны особенности процесса управления портфелем ИТ-сервисов (как средства реализации ИТ-стратегии) и значимость этого процесса для конкурентоспособной деятельности ИТ-провайдера. В частности, сформулированы правила определения момента времени обновления портфеля ИТ-сервисов и правила оптимизации отдельных ИТ-сервисов.

*Разработка функциональной структуры системы конкурентного управления активами ИТ-провайдера.* Опираясь на результаты, полученные в кандидатской диссертации А.В. Зимина (в которой формализована основная задача, решаемая системой управления портфелем ИТ-сервисов), разработана структура системы конкурентного управления ИТ-активами провайдера, рисунок 1. На рисунке отражены функции и связи между подсистемами управления стадиями жизненного цикла ИТ-сервиса и с внешней средой, которые обеспечивают конкурентное функционирование активов ИТ-провайдера.

Подсистема управления стратегией  $SU(S^P(t))$ , отслеживая ситуацию на ИТ-рынке, организует выполнение процедуры бенчмаркинга, результатом которой являются рыночные значения  $\{x_n \mid n = \overline{1, N}\}$  показателей эффективности критических факторов успеха, разбивает все множество показателей на подмножество «базовых» и подмножество показателей – «потенциалов» успеха, и сообщает всем подсистемам управления стадиями те значения показателей, которые относятся к сфере их деятельности. Подсистема управления стратегией, отвечающая за финансовый менеджмент, сообщает также стадии непрерывных улучшений размер  $z^*(P(T))$  инвестиций в сервисные улучшения и на разработку и имитацию инноваций в проекты по улучшению ИТ-активов.

Все подсистемы управления стадиями ЖЦС, ориентируясь на достижения ИТ-рынка, рыночные  $\{x_n \mid n = \overline{1, N}\}$  и фактические  $\{\hat{x}_n \mid n = \overline{1, N}\}$  значения показателей эффективности критических факторов успеха, инициируют проекты  $p_i(SU(S^P(t)))$  по совершенствованию своих ИТ-активов, передавая информацию о проектах подсистеме управления непрерывными улучшениями. Последняя, ответственная за формирование портфеля проектов  $P = \{p_i \mid i = \overline{1, m}\}$  по совершенствованию активов и внедрению инноваций, запрашивает, при необходимости, реализацию функцию мониторинга фактических значений тех показателей эффективности ИТ-активов из множества  $\{x_n \mid n = \overline{1, N}\}$ , которые подсистема мониторинга до этого не контролировала.

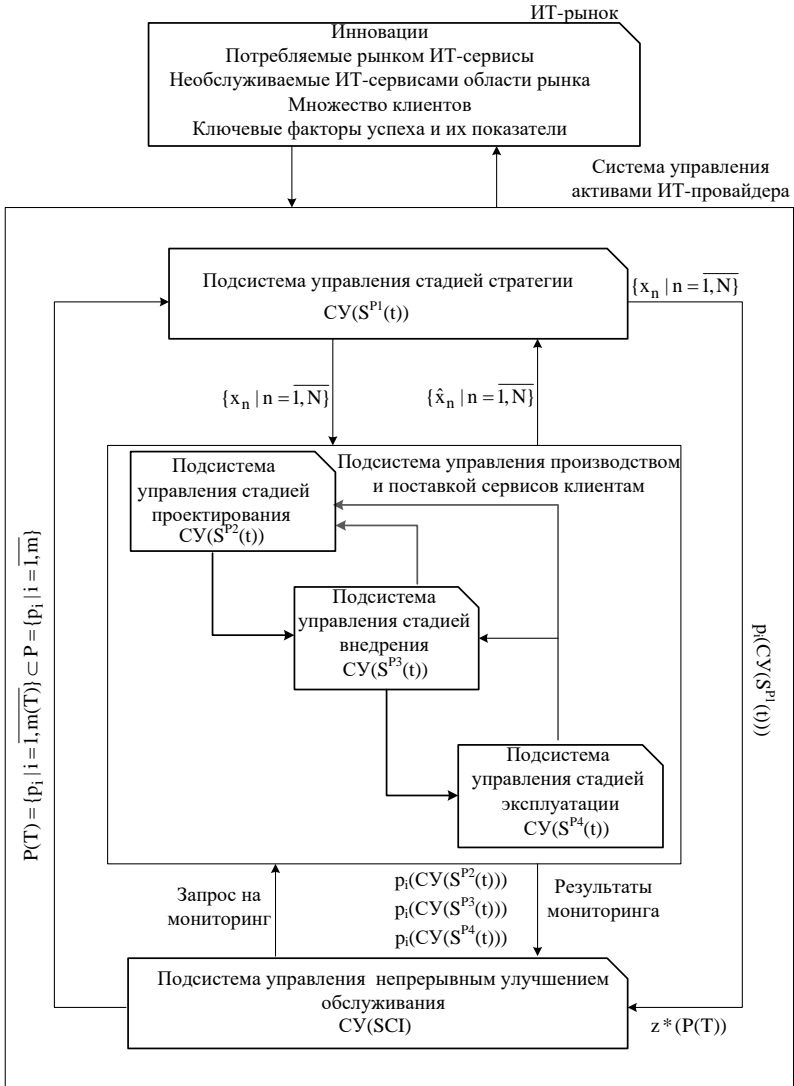


Рис. 1 – Функциональная структура системы управления конкурентоспособностью ИТ-активов

Исходя из сформированного портфеля проектов  $P = \{p_i | i = \overline{1, m}\}$  и выделенных на очередной плановый период  $T$  инвестиции  $z^*(P(T))$ , подсистема управления непрерывными улучшениями формирует план

$P(T) = \{p_i \mid i = \overline{1, m(t)}\} \subset P = \{p_i \mid i = \overline{1, m}\}$  сервисных улучшений. После согласования и утверждения плана, подсистема организует и контролирует его реализацию, обеспечивая приведение свойства ИТ-активов к текущим требованиям ИТ-рынка, или, благодаря внедрению инноваций, выведение ИТ-провайдра в лидеры рынка.

Функциональная структура, представленная на рисунке 1, и обуславливаемые ею возможности совершенствования ИТ-активов представляют собой особый критический фактор успеха, стимулирующий внедрение изменений в управлении стратегией ИТ-провайдера.

*Формирование оптимального портфеля ИТ-сервисов ERP-системы промышленного предприятия.* Создание ERP-системы включает разработку ИТ-сервисов, реализующих основные функции бизнес-процессов. Критически важным, определяющим результативность внедрения, является подмножество бизнес-процессов (определяющее число проектных групп), которое составляет «интеграционное ядро» системы.

Пусть  $j, j = \overline{1, m}$ , обозначает номер бизнес-процесса, а  $i (i = \overline{1, n_j})$  – номер ИТ-сервиса в  $j$ -ом бизнес-процессе. Тогда  $S_j = \{s_{ji} \mid i = \overline{1, n_j}\}$  – множество сервисов  $j$ -го бизнес-процесса. Обозначим также через  $r_{ji}^{pk}$  количество связей между конфигурационными элементами сервисов  $s_{ji}$  и  $s_{pk}$ . Обозначим через  $r_j^p$  количество связей между сервисами процессов  $j$  и  $p$ . Очевидно, чем больше связей  $r_j$  между элементами сервисов бизнес-процесса  $j$  с элементами сервисов всех других бизнес-процессов, тем предпочтительнее включение процесса  $j$  в интеграционное ядро (вследствие проявления синергетического эффекта). Общее число связей между всеми сервисами бизнес-процессов, включенных в «интеграционное ядро» и определяющее риски реализации проекта, выберем в качестве одного из показателей качества проектируемой ERP-системы. Другим важным показателем качества создаваемой ERP-системы определим затраты. Обозначим через  $z_j, j = \overline{1, m}$ , затраты на разработку ИТ-сервисов  $j$ -го бизнес-процесса.

Количество наследуемых из систем «лоскутной» автоматизации конфигурационных элементов будем рассматривать еще одним показателем качества создаваемой ERP-системы. Обозначим через  $c_{ji}$  количество наследуемых конфигурационных элементов сервисом  $s_{ji} \in S_j$ . Общее количество наследуемых

конфигурационных элементов будет  $c = \sum_{j=1}^m c_j$ , где  $c_j = \sum_{i=1}^{n_j} c_{ji}$  – количество

наследуемых элементов  $j$ -ым процессом. Введем переменную  $x_j = \begin{cases} 1, j \in Q \\ 0, j \notin Q \end{cases}$ ,

где  $Q$  – множество искомым бизнес-процессов.

С учетом введенных обозначений модель задачи формирования портфеля сервисов опишем следующими соотношениями:

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

$$\sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p \geq r^*; \quad \sum_{j=1}^m c_j x_j \geq c^*. \quad (2)$$

Она состоит в нахождении таких  $x_j, j = \overline{1, m}$  (определении таких бизнес-процессов), для которых общее количество связей между сервисами не меньше величины  $r^*$ , количество используемых унаследованных конфигурационных элементов не меньше величины  $c^*$  и суммарные затраты на разработку ИТ-сервисов которых минимальны. Сформулированная задача относится к классу задач целочисленного квадратичного программирования. При ее решении применен вариант метода сетевого программирования для нелинейных моделей. Схема применения метода требует: разбиения затрат  $z_j$  на две составляющие  $z_j^r$  и  $z_j^c$ , такие, что

$$z_j = z_j^r + z_j^c, j = \overline{1, m}; \quad (3)$$

решения подзадач (4) и (5)

$$\sum_{j=1}^m z_j^r x_j \rightarrow \min, \quad \sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_p \geq r^*, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m z_j^c x_j \rightarrow \min, \quad \sum_{j=1}^m c_j x_j \geq c^*, \quad (5)$$

и последующей интеграции решений этих подзадач.

Для нахождения значений  $z_j^r$  и  $z_j^c$  применен метод множителей Лагранжа. Функция Лагранжа  $L(\lambda, x)$  для задачи (1) – (2) имеет вид:

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

где  $\lambda \geq 0$ , а  $X_2 = \{x \mid \sum_{j=1}^m c_j x_j \geq c^*\}$  – множество решений, удовлетворяющих

второму ограничению из (2). В задаче (6) критерий и ограничение структурно подобны и она может быть решена методом дихотомического программирования. Если  $\lambda_0$  – решение, доставляющее минимум функции Лагранжа, тогда:  $z_j^r = \lambda_0 r_j$ ,  $z_j^c = z_j - z_j^r, j = \overline{1, m}$ . Для заданных  $z_j^r, z_j^c, j = \overline{1, m}$  задачи (4) и (5) эффективно решаются с применением метода сетевого программирования.

Для реализации процедуры решения задач (1) – (2) разработан комплекс программ, на который получено свидетельство о регистрации ФИПС. В дис-

сертации приведен пример решения задачи (1) – (2) для четырех бизнес-процессов.

*Формирование портфеля проектов оптимизации ИТ-процессов (плана сервисных улучшений).* План сервисных улучшений формируется из совокупности постоянно иницилируемых проектов, имеющих целью обеспечение конкурентоспособности ИТ-процессов жизненного цикла ИТ-сервиса. Пусть  $\{p_i | i=1, m\}$  – множество проектов, инициированных стадией непрерывных улучшений для оптимизации ИТ-процессов. Каждый проект  $p_i (\Delta\mu_i, z(p_i), \Delta z_i)$  описывается изменением локальных показателей эффективности  $\Delta\mu_i = \{\Delta\mu_{kl}^n | n=1, N_{kl}, l=1, L_k, k=1, K\}$  процессов ( $N_{kl}$  – количество показателей эффективности, описывающих процесс  $l$  стадии  $k$ ,  $L_k$  – количество процессов на  $k$ -ой стадии,  $K$  – количество стадий жизненного цикла), инвестиционными затратами  $z(p_i)$  и изменением величины  $\Delta z_i = \Delta z(p_i) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L_k} \Delta z_{ikl}$  операционных затрат на улучшаемые процессы, где  $\Delta z_{ikl} = \Delta z_{kl}(p_i)$  – изменение операционных затрат отдельного процесса. Изменение комплексного показателя эффективности  $\Delta q_i = \Delta q(p_i)$  определим на основе механизма комплексного оценивания следующим образом:

$$\Delta q(p_i) = \sum_{k=1}^K \gamma_k \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{kl} \sum_{n=1}^{N_{kl}} \alpha_{kl}^n \Delta\mu_{kl}^n(p_i). \quad (7)$$

Здесь  $\alpha_{kl}^n(p_i)$ ,  $(\sum_{n=1}^{N_{kl}} \alpha_{kl}^n = 1)$  – весовые коэффициенты локальных показателей

$\mu_{kl}^n$  процессов,  $\beta_{kl}(p_i)$ ,  $(\sum_{l=1}^{L_k} \beta_{kl} = 1)$  – весовые коэффициенты значимости ИТ-процессов стадии,  $\gamma_k(p_i)$ ,  $(\sum_{k=1}^K \gamma_k(p_i) = 1)$  – весовые коэффициенты значимости

стадий. Для формализации рассматриваемой задачи введем переменную

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если проект реализуется} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}. \quad (8)$$

В работе рассмотрены три математические постановки рассматриваемой задачи.

*Линейная задача 1.* Простейшей постановкой исследуемой задачи является:

$$\Delta q(x) = \sum_{i=1}^m \Delta q(p_i) x_i \rightarrow \max; \quad z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i) x_i \leq z^*. \quad (9)$$

Постановка не учитывает изменений в операционных затратах, относится к классу задач о ранце и эффективно решается методом дихотомического программирования.

Линейная задача 2:

$$\Delta q(x) = \sum_{i=1}^m \Delta q(p_i) x_i \rightarrow \max ,$$

$$z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i) x_i \leq z^* ; \Delta z(x) = \sum_{i=1}^m \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* . \quad (11)$$

Постановка задачи учитывает инвестиционные и операционные затраты, но наличие двух ограничений не позволяет непосредственно применить метод дихотомического программирования. Однако задача сводится к двум задачам о ранце путем разбиения множества  $\{p_i \mid i = \overline{1, m}\}$  проектов на два подмножества:

$$\{p_i \mid i = \overline{1, m}\} = \{p_i \mid i = \overline{1, m^0}\} \cup \{p_i \mid i = \overline{1, m^n}\}, m = m^0 + m^n, \quad (12)$$

где  $m^0$  и  $m^n$  – количество проектов, соответственно, изменяющих и не изменяющих операционные затраты на функционирование процессов. Решение исходной задачи является результатом интеграции решений двух задач о ранце.

*Нелинейная постановка задачи.* В этой задаче в качестве критерия выбрана величина удельной эффективности совокупности проектов (эффект, приходящийся на единицу затрат):

$$\Delta q(x) = \sum_{i=1}^m \Delta q(p_i) x_i \left( \sum_{i=1}^m (z(p_i) + \Delta z_i) x_i \right)^{-1} \rightarrow \max , \quad (13)$$

$$z_{\min}^* \leq z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i) x_i \leq z_{\max}^* ; \Delta z(x) = \sum_{i=1}^m \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* . \quad (14)$$

Решение задачи (13) – (14) выполнено путем ее декомпозиции на три подзадачи:

1. Подзадача построения зависимости  $\{q^0(x), \Delta z^0(x)\}$  удельной эффективности и изменения операционных расходов для подмножества  $\{p_i \mid i = \overline{1, m^0}\}$ :

$$\Delta q^0(x^0) = \sum_{i=1}^{m^0} \Delta q(p_i) x_i \left( \sum_{i=1}^{m^0} (z(p_i) + \Delta z_i) x_i \right)^{-1} \rightarrow \max , \quad (15)$$

$$\Delta z^0(x^0) = \sum_{i=1}^{m^0} \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* . \quad (16)$$

2. Подзадача построения зависимости  $\{q^n(x), z^n(x)\}$  удельной эффективности и изменения инвестиционных расходов для подмножества  $\{p_i \mid i = \overline{1, m^n}\}$ :

$$\Delta q^n(x^n) = \sum_{i=1}^{m^n} \Delta q(p_i) x_i \left( \sum_{i=1}^{m^n} (z(p_i) + \Delta z_i) x_i \right)^{-1} \rightarrow \max , \quad (17)$$

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

3. Поиск на произведении множеств  $\{q^0(x), \Delta z^0(x)\}$  и  $\{q^n(x), z^n(x)\}$  оптимального решения задачи:

$$\Delta q(x) = (\Delta q^0(x^0) + \Delta q^n(x^n)) (z^0(x^0) + \Delta z^0(x^0) + z^n(x^n))^{-1} \rightarrow \max , \quad (19)$$



$$z_{\min}^* \leq z(x) = z^0(x^0) + z''(x'') \leq z_{\max}^* . \quad (20)$$

Для реализации процедур решения задач (9), (10) – (11) и (13) – (14) разработан комплекс программ, на который получено свидетельство о регистрации ФИПС. Результаты решения задач и сравнительный анализ полученных решений приведены в диссертации. Применение программного комплекса, решающего задачу формирования плана сервисных улучшений, для формирования планов образовательной, научной и другой деятельности профессорско-преподавательского состава университета позволило улучшить значение индекса эффективности планов на 5 - 40% при одинаковых трудозатратах на реализацию плана.

**В третьей главе** «Развитие методов календарного планирования, тестирования и развертывания ИТ-сервисов» формализуются постановки, разрабатываются алгоритмы и приводятся примеры решения наиболее сложных задач стадий проектирования и внедрения ИТ-сервиса.

*Оптимизация календарного плана реализации взаимозависимых ИТ-сервисов параллельно работающими проектными группами.* Решением задачи формирования функционального объема ERP-системы предприятия являются множество  $\{s_{ji} \mid i = \overline{1, n_j}, j = \overline{1, m}\}$  сервисов ( $s_{ji}$  –  $i$ -ый сервис  $j$ -ого бизнес-процесса предприятия). Примем, что для разработки сервисов отдельного бизнес-процесса, в силу его специфики, создается отдельная проектная группа. Каждому сервису  $s_{ji}$  поставим в соответствие планируемое время  $t_{ji}$  его разработки и количество связей  $r_{ji}$  между конфигурационными элементами сервиса и конфигурационными элементами всех других сервисов, входящих в функциональный объем:

$$r_{ji} = \sum_{p=1}^m \sum_{k \neq i} t_{ji}^{pk} . \quad (21)$$

Здесь  $r_{ji}^{pk}$  количество связей между конфигурационными элементами сервисов  $s_{ji}$  и  $s_{pk}$ . Пусть  $[0, T]$  – планируемый период реализации проекта. Положим также, что выполняются соотношения:  $\sum_{i=1}^{n_j} t_{ji} = T_j = T$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Если сервисы  $j$ -го процесса реализуются в соответствии с порядком, определяемым последовательностью  $(s_{ji}^1 \mid i = \overline{1, n_j})$ , то время окончания проектирования сервиса  $s_{ji}^1$  будет равно  $\sum_{k=1}^1 t_{ji}^{k1}$ , а время  $T(s_{ji}^1)$  действия проектных решений, разработанных для сервиса  $s_{ji}^1$ , будет:  $T(s_{ji}^1) = (T - \sum_{k=1}^1 t_{ji}^{k1})$ . Чем раньше разработаны проектные решения для сервиса  $s_{ji}$  (то есть чем больше  $T(s_{ji}^1)$ ), тем с меньшими трудозатратами выполняется разработка интеграционных решений с этим сервисом при проектировании других сервисов проекта. Будем оценивать эффективность последовательностей  $(s_{ji}^1 \mid i = \overline{1, n_j})$ ,  $j = \overline{1, m}$ , реализации всех сервисов всех бизнес-процессов величиной



1. Предварительное распределение общего объема имеющихся ресурсов  $c^*$  на разработку сервисов отдельных процессов, то есть определение  $c_j^*$  таких, что  $\sum_{j=1}^m c_j^* = c^*$ .

2. Решение  $m$  (для каждого  $j$ ,  $j = \overline{1, m}$ ) следующих задач календарного планирования сервисов методом дихотомического программирования

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_j} r_{ji}^1 (T - \sum_{k=1}^1 t_{ji}^k) \xrightarrow{\{(s_{ji}^1 | l = \overline{1, n_j})\}} \max, \quad (25)$$

$$c_j = \sum_{i=1}^{n_j} c_{ji} (T_{ji}) \leq c_j^*. \quad (26)$$

Оптимальные решения выбираются из  $n_j!$  последовательностей  $\{(s_{ji}^1 | l = \overline{1, n_j})\}$ .

3. Последовательное решение  $(m-1)$  задачи, интегрирующих решения подзадач, полученных в п. 2.

В диссертации приведен пример решения задачи для трех бизнес-процессов  $c$ , соответственно, 4, 3 и 4 сервисами.

*Формирование объема пилотного тестирования ERP-системы предприятия.* Пусть  $S(T^{pil}) = \{S_j(T^{pil}) | j = \overline{1, m}\} = \{\{s_{ji} | i = \overline{1, n_j^{pil}}\} | j = \overline{1, m}\}$  – множество сервисов, разработанных в соответствии с календарными планами к моменту времени  $T^{pil}$  начала пилотного тестирования. Обозначим через  $q_{ji}^{rk} = q(s_{ji}, s_{rk})$  количество связей между активами сервисов  $s_{ji}, s_{rk}$ . Пусть  $c^*$  – предельный объем допустимых затрат на пилотное тестирование. Обозначим через  $c_{ji}^{rk} = c(s_{ji}, s_{rk})$  затраты, требуемые для проверки связей между сервисами  $s_{ji}$  и  $s_{rk}$ . Кроме того, будем считать, что руководством каждого бизнес-процесса наложены ограничения на общее количество  $n_j^*$  подлежащих тестированию сервисов и на количество  $n_j^{*-}$  сервисов смежных бизнес-процессов, с которыми должны быть проверены связи тестируемых сервисов.

Введем переменные:

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если сервис } s_{ji} \text{ подлежит тестированию,} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (27)$$

$$x_{ji}^{rk} = \begin{cases} 1, & \text{если связи сервиса } s_{ji} \text{ с } s_{rk} \text{ подлежат тестированию,} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}. \quad (28)$$

Формализуем задачу формирования объема пилотного тестирования следующим образом:

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} (\sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^{pil}} q_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk}) x_{ji} \rightarrow \max, \quad (29)$$

$$\tilde{n} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} \left( \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^{pil}} \tilde{n}_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \right) x_{ji} \leq c^*, \quad \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} x_{ji} \geq n_j^*, j = \overline{1, m}, \quad \sum_{r \neq j} \sum_{r=1}^{n_r^{pil}} x_{ri} \geq \overline{n_i^*}, j = \overline{1, m}.$$

Задача состоит в нахождении таких  $x_{ji}, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n_j^{pil}}$ , и  $x_{ji}^{rk}, j, r = \overline{1, m}, i, k = \overline{1, n_j^{pil}}$ , которые максимизируют количество  $q$  проверяемых связей между тестируемыми сервисами при ограничении на затраты  $c^*$  и ограничениях на число тестируемых сервисов  $n_j^*$  процесса и число  $\overline{n_j^*}$  сервисов, с которыми проверяются связи тестируемого сервиса.

*Схема решения задачи.* Для решения задачи (29) – (30) применен метод сетевого программирования. Определим затраты  $c_j^*$  на тестирование сервисов  $j$ -го бизнес-процесса путем разбиения общих затрат  $c^*$  на слагаемые в соответствии со следующим соотношением:

$$c_j^* = c^* \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^{pil}} q_{ji}^{rk} / \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^{pil}} q_{ji}^{rk}. \quad (31)$$

Теперь для задачи (29) – (30) цепочка решения оценочных задач реализуется в три этапа:

1. Последовательное определение подлежащих проверке связей каждого сервиса каждого процесса:

$$q_{ji} = \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^{pil}} q_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \rightarrow \max, \quad (32)$$

$$c_{ji} = \sum_{r=1}^m \sum_{k=1}^{n_r^{pil}} c_{ji}^{rk} x_{ji}^{rk} \leq c_j^*, \quad j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n_j^{pil}}, \quad (33)$$

2. Последовательное решение  $m$  ( $j = \overline{1, m}$ ) задач определения подлежащих проверке сервисов в каждом бизнес-процессе:

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max, \quad c_j = \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} c_{ji} x_{ji} \leq c_j^*, \quad (34)$$

$$\sum_{i=1}^{n_j^{pil}} x_{ji} \geq n_j^*, \quad \sum_{r \neq j} \sum_{r=1}^{n_r^{pil}} x_{ri} \geq \overline{n_i^*}. \quad (35)$$

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

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max, \quad c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j^{pil}} c_{ji} x_{ji} \leq c^*. \quad (36)$$

Алгоритмы решения всех сформулированных задач используют метод дихотомического программирования. В диссертации приведен пример решения задачи для двух процессов ( $m=2$ ), которые включают, соответственно, три и четыре сервиса ( $n_1^{pil} = 3, n_2^{pil} = 4$ ).

*Формирование и календарное планирование развертывания релизов на основе структурных свойств ИТ-сервисов.* Внедрение ИТ-сервисов сопряжено с риском некорректного изменения «базового» состояния эксплуатационной среды при встраивании в нее сервисных активов (конфигурационных элементов сервисов). Необходимые изменения ИТ-среды проектная служба оформляет в виде заявок на развертывание сервисных активов. При значительном количестве обновляемых активов риск нарушений становится существенным. Для его снижения ограничивают количество конфигурационных элементов, встраиваемых в ИТ-среду за один прием, то есть разбивают множество заявок на обновление активов на совокупность подмножеств заявок (релизов).

Обозначим через  $A = \{A_i \mid i = \overline{1, n}\}$  множество поступивших заявок на обновление ИТ-среды. Здесь  $A_i = \{a_{ij} \mid j = \overline{1, n_i}\}$  и  $a_{ij}$  – обновляемые конфигурационные элементы. В работе предложена процедура оценки количества отказов сервисов, использующая структурные свойства ИТ-сервисов. В соответствии с этой процедурой среднее число ожидаемых отказов сервисов, вызванных некорректным развертыванием активов заявки  $A_i$  и, соответственно, от всего множества заявок  $A = \{A_i \mid a_{ij} = \overline{1, n_i}\}$  будет определяться соотношениями:

$$m(A_i) = \overline{m(A_i^h)} + \overline{m(A_i^s)} + \overline{m(A_i^u)}, \quad m(A) = \sum_{i=1}^n m(A_i), \quad (37)$$

где  $A_i = A_i^h \cup A_i^s \cup A_i^u$  (hard-активы, soft-активы и user-активы).

В соответствии с определением релиза, множество решений задачи формирования релизов представляет собой множество всевозможных разбиений множества  $A = \{A_i \mid a_{ij} = \overline{1, n_i}\}$ . Каждое разбиение  $\{A^k \mid k = \overline{1, k(A)}\}$  из множе-

ства всех возможных разбиений обладает свойствами:  $A = \bigcup_{k=1}^{k(A)} A^k$ ,  $A^k = \bigcup_{i=1}^{n_k} A_i$ , где  $A^k$  – k-ый релиз,  $k(A)$  – количество релизов,  $n_k$  – количество заявок в k-м

релизе,  $\sum_{k=1}^{k(A)} n_k = n$ . Следовательно,  $m(A^k) = \sum_{i=1}^{n_k} m(A_i)$  – среднее количество отказов сервисов, обусловленных развертыванием релиза  $A^k$ .

*Механизм определения количества релизов.* Примем, что все отказы сервисов, обусловленные развертыванием релизов, выявляются пользователями непосредственно после развертывания. Обозначим через  $\Delta t$  количество рабочих дней между двумя последовательными развертываниями релизов. Пусть  $\beta$  – интенсивность обработки отказов каналом обслуживания (среднее количество обрабатываемых отказов сервисов за один день). Для того чтобы канал справился за  $\Delta t$  дней с потоком отказов сервисов, обусловленных развертыванием релиза  $A^k$ , необходимо выполнение условия  $\frac{m(A^k)}{\Delta t} \leq \beta$ ,  $k = \overline{1, k(A)}$ . Мини-

мальное количество релизов для множества  $\{A_i \mid i = \overline{1, n}\}$  заявок на развертывание, определим в соответствии с правилом:

$$k(A) = \left\lceil \frac{m(A)}{\beta \Delta t} \right\rceil + 1. \quad (38)$$

*Механизм формирования состава релизов (подмножества заявок, входящих в релиз).* Введем переменную  $x_{ik}$  :

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & A_i \in A^k \\ 0, & A_i \notin A^k \end{cases}. \quad (39)$$

Тогда задача формирования состава релизов принимает вид «задачи о камнях»:

$$\max \sum_{i=1}^n m(A_i) x_{ik} \rightarrow \min, \sum_{k=1}^{k(A)} x_{ik} = 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad (40)$$

и может быть решена одним из известных алгоритмов. В примере, приведенном в диссертации, «задача о камнях» решена методом «жадного алгоритма».

*Построение расписания развертывания релизов.* В диссертационной работе предложена постановка задачи и процедура построения расписания развертывания релизов  $\{A^k \mid k = \overline{1, k(A)}\}$ , которая минимизирует суммарную длительность времени задержек в обслуживании отдельных релизов, не допускающая простоев канала обслуживания. Процедура представляет собой дискретную версию метода локальной оптимизации (включает порядок формирования некоторого «базового» решения и алгоритм его последующего улучшения).

*Формирование и планирование развертывания релизов с учетом динамики применения ИТ-сервисов пользователями.* Для рассмотренной выше задачи управления релизами существенно предположение о том, что некорректное развертывание активов проявляется через отказы сервисов сразу после развертывания. На практике это допущение не совсем корректно, так как применение сервисов пользователями носит циклический характер (ежедневное, еженедельное, ежемесячное, ежеквартальное, ежегодное). Отказы сервисов обнаруживают пользователи в тот момент времени, когда обращаются к ИТ-сервисам для решения задач бизнеса в соответствии со своими должностными обязанностями.

Рассмотрим случай, когда процесс управления конфигурациями достаточно развит и база данных конфигураций ИТ-провайдера содержит информацию о частоте использования различных сервисов в различные периоды времени.

Пусть  $(0, T)$  – текущий плановый период, а  $(t^1, t^2, \dots, t^p, \dots, t^{Pr})$  – последовательность, описывающая дни регламентного развертывания релизов в этом периоде.

*Формальная постановка задачи.* Прогнозируемая динамика отказов сервисов в результате развертывания активов отдельных заявок  $A_i$  описывается совокупностью последовательностей

$$m_i = (m_{i1}, m_{i2}, m_{i3}, \dots, m_{i(p_T-1)}), \quad i = \overline{1, n}. \quad (41)$$

Сдвигая последовательности (41) на различное число  $\eta$  временных интервалов  $\Delta t$  вправо (выбирая момент времени развертывания соответствующей заявки), можно сформировать допустимую нагрузку на канал обслуживания. Состав релизов будет определяться теми подмножествами заявок, которые подлежат развертыванию в один момент времени, а календарный план развертывания релизов будет задан «привязкой» каждого релиза к соответствующему моменту времени его развертывания. Пусть  $\eta^*$  – заданное максимальное число интервалов  $\Delta t$ , на которое может быть сдвинута вправо каждая из последовательностей (41). Это значит, что каждой заявке  $A_i$  поставлено в соответствие  $\eta^*$  следующих последовательностей

$$m_i^0 = (m_{i1}^0, m_{i2}^0, \dots, m_{i(p_T-1)}^0), \quad m_i^{\eta^*} = (0, \dots, 0, m_{i1}^0, m_{i2}^0, \dots, m_{i(p_T-1-\eta^*)}^0). \quad (42)$$

Переобозначим и перенумеруем элементы последовательностей (42) в соответствии с их новыми порядковыми номерами:

$$m_i^0 = (m_{i1}^0, m_{i2}^0, \dots, m_{i(p_T-1)}^0), \quad m_i^{\eta^*} = (m_{i1}^{\eta^*}, m_{i2}^{\eta^*}, m_{i3}^{\eta^*}, \dots, m_{i(p_T-1)}^{\eta^*}). \quad (43)$$

Теперь подмножество возможных последовательностей (43) для заявок  $A = \{A_i \mid i = \overline{1, n}\}$  описывается совокупностью последовательностей:  $\{m_i^{\eta} \mid \eta = \overline{0, \eta^*}, i = \overline{1, n}\}$ . Введем переменную

$$x_i^{\eta} = \begin{cases} 1, & \text{если } m_i^{\eta} \text{ выбирается в качестве решения для заявки } A_i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}. \quad (44)$$

Так как каждая заявка  $A_i$  может быть представлена в решении только одной из последовательностей (43), то имеет место равенство  $\sum_{\eta=0}^{\eta^*} x_i^{\eta} = 1$ .

Сформулируем следующим образом задачу одновременного формирования количества релизов, их состава и календарного плана развертывания:

$$q(A) = (\max_p (\sum_{i=1}^n \sum_{\eta=0}^{\eta^*} m_{ip}^{\eta} x_{ip}^{\eta})) \rightarrow \min, \quad (45)$$

$$m(A) = \sum_{p=1}^{p_T-1} (\sum_{i=1}^n \sum_{\eta=0}^{\eta^*} m_{ip}^{\eta} x_{ip}^{\eta}) \geq m^*, \quad \sum_{\eta=0}^{\eta^*} x_i^{\eta} = 1, i = \overline{1, n}. \quad (46)$$

Критерий (45) на множестве допустимых совокупностей последовательностей заявок, выбирает в качестве лучшей ту совокупность последовательностей, которая минимизирует максимальное число прогнозируемых отказов в отдельном интервале времени планового периода. Первое ограничение в (46) делает допустимыми только те совокупности последовательностей из (43), для которых суммарное количество прогнозируемых отказов в планируемом периоде превышает заданное значение  $m^*$ , то есть оно ограничивает число прогнозируемых отказов, перемещаемых за пределы планового периода  $(0, T)$ .

Задача (45) – (46) является дискретной, нелинейной, с множеством ограничений. Для ее решения разработана схема декомпозиции с использованием ме-

тогда сетевого программирования и разработан комплекс программ, реализующий полный перебор вариантов. Мощность множества решений задачи равна  $(\eta^* + 1)^n$ . В диссертации приведен пример решения задачи методом перебора вариантов.

**В четвертой главе** «Развитие методов управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов» исследуются оптимизационные (скалярные и векторные) модели унифицированного и персонифицированного управления компетенциями пользователей, а также обобщенная двойственная задача, порождаемая прямой задачей персонифицированного управления компетенциями.

*Построение унифицированных программ обучения пользователей ИТ-сервисов.* Одним из важных факторов, определяющих длительность начальной (опытно-промышленной) эксплуатации ИТ-сервисов, является качество подготовки пользователей к совместной работе в системе управления предприятием. Очевидно, что длительность и соответствующие потери от инцидентов, вызванных не квалифицированными действиями пользователей, могут быть существенно уменьшены за счет повышения уровня их компетенций.

Пусть  $\{ \{p_{ji} \mid i = \overline{1, n_j}\} \mid j = \overline{1, m} \}$  – множество программ обучения, реализуемых консалтинговой компанией с целью формирования необходимых компетенций пользователей. Здесь  $j$  – номер бизнес-процесса,  $i$  – номер программы обучения,  $p_{ji}$  –  $i$ -ая программа обучения пользователей  $j$ -го бизнес-процесса,  $n_j$  – количество программ обучения для  $j$ -го процесса,  $m$  – количество бизнес-процессов. Пусть также  $k_j$  – количество пользователей  $j$ -го бизнес-процесса,  $c_{ji} = c(p_{ji})$  – стоимость обучения одного пользователя по программе  $p_{ji}$ . В случае унифицированного подхода к обучению, для всех пользователей, реализующих функции отдельного бизнес-процесса, формируется общая программа обучения на основе оценок  $q_{ji} = q(p_{ji})$  прироста компетентности, получаемого в результате обучения одного пользователя. При персонифицированном подходе, для каждого пользователя каждого бизнес-процесса, формируется уникальная программа обучения на основе оценок  $q_{ji}^k = q_{ji}^k(p_{ji})$ ,  $k = \overline{1, k_j}$  прироста компетентности в результате обучения  $k$ -го пользователя по программе  $p_{ji}$ .

*Постановки задач и механизмы унифицированного управления компетенциями.* Введем дискретную переменную  $x_{ji}$ , которая равна 1, если пользователи подлежат обучению программе  $p_{ji}$ , и равна 0 в противном случае. Тогда прямую задачу формирования оптимальной программы обучения пользователей можно сформулировать следующим образом:

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_j q_{ji} x_{ji} \rightarrow \max ; \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_j c_{ji} x_{ji} \leq c^* ; \sum_{i=1}^{n_j} k_j x_{ji} \geq k_j^*, j = \overline{1, m}. \quad (47)$$

Здесь  $k_j^*$  – ограничение, устанавливаемое менеджером бизнес-процесса  $j$  на минимальное количество подлежащих обучению сотрудников.



Решением задачи (47) является такая программа  $\{\{x_{ji}|i=\overline{1,n_j}\}|j=\overline{1,m}\}$  обучения пользователей, которая максимизирует суммарное «приращение» компетенций  $q$  пользователей при заданном ограничении  $c^*$  на предельный объем средств, и которая удовлетворяет заданным ограничениям  $k_j^*$  на минимально необходимое количество пользователей  $j$ -го процесса, подлежащих обучению.

Обратной к задаче (47) будет задача:

$$c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} c_{ji} x_{ji} \rightarrow \min; \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} q_{ji} x_{ji} \geq q^*; \quad \sum_{i=1}^{n_j} k_{ji} x_{ji} \geq k_j^*, \quad j=\overline{1,m}. \quad (48)$$

Задача двухкритериальной оптимизации для унифицированного управления компетенциями имеет вид:

$$(q, c) \rightarrow \text{opt}; \quad \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j=\overline{1,m}. \quad (49)$$

Прямая (47) (обратная задача (48)) в силу структурного подобия критерия и ограничений, сводится, путем разложения  $c^*$  ( $q^*$ ) на слагаемые  $c_j^*$  ( $q_j^*$ ), к последовательности задач о ранце.

Процедура решения задачи двухкритериальной оптимизации использует особенность метода дихотомического программирования, который при реализации формирует множество Парето-решений задачи. Объединив множества решений прямой и обратной задачи и удалив из полученного множества доминируемые решения, получим множество Парето-решений двухкритериальной задачи. В исследовании приведены примеры решения всех трех задач.

*Построение персонифицированных программ обучения пользователей ИТ-сервисов.* Введем дискретную переменную  $x_{ji}^k$ , которая равна 1, если  $k$ -ый пользователь  $j$ -го процесса подлежат обучению по программе  $p_{ji}$ , и равна 0 в противном случае. Тогда прямую задачу персонифицированного управления компетенциями можно сформулировать следующим образом:

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max; \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji}^k x_{ji}^k \leq c^*; \quad \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j=\overline{1,m}. \quad (50)$$

Обратной, к сформулированной выше, будет задача:

$$c = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \min; \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji}^k x_{ji}^k \geq q^*; \quad \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j=\overline{1,m}. \quad (51)$$

Задача векторной оптимизации принимает вид:

$$(q, c) \rightarrow \text{opt}; \quad \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j=\overline{1,m}. \quad (52)$$

Скалярные и векторные задачи персонифицированного управления компетенциями решаются аналогично соответствующим задачам унифицированного управления.

Для решения задач унифицированного и персонифицированного управления компетенциями разработан единый программный комплекс, на который

получено свидетельство о регистрации программ ФИПС. Примеры решений задач приведены в диссертации.

*Итеративная процедура решения обобщенной двойственной задачи сетевого программирования.* Обобщенная двойственная задача (ОДЗ) формулируется как задача поиска минимума верхней границы (максимума нижней границы) для оптимума, получаемого при решении дискретных линейных и нелинейных задач методом сетевого программирования. Необходимость в решении ОДЗ возникает, в частности, когда для выполнения условий применимости метода, правая часть ограничения разбивается на несколько неизвестных слагаемых. ОДЗ состоит в нахождении такого разбиения, которое обеспечивает достижение соответствующего минимума (максимума). В работе предложена итеративная процедура поиска решения обобщенной двойственной задачи, порождаемой прямой задачей персонализированного управления компетенциями. Формализация ОДЗ в этом случае имеет вид:

$$\min_{\{c_j^* | j=\overline{1,m}; \sum_{j=1}^m c_j^* = c^*\}} (\max q(x) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji}^k x_{ji}^k), \quad (53)$$

$$c(x) = \sum_{j=1}^m c_j(x_j) \leq c^*, \quad c_j = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji} x_{ji}^k \leq c_j^*, \quad \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j=\overline{1,m}. \quad (54)$$

В основе предложенного механизма лежит программная реализация процедуры решения исходной задачи управления компетенциями методом сетевого программирования:

1. Определение  $c_{1j}^*$  в соответствии с эвристикой

$$c_{1j}^* = c^* \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji} (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji})^{-1}, \quad j=\overline{1,m}. \quad (55)$$

2. Формирование решений исходной задачи методом сетевого программирования (первая итерация):

$$\{\{x_{ji}^k | i=\overline{1,n_j}\} | k=\overline{1,k_j}\} | j=\overline{1,m}\}_1^0, \theta=\overline{1,\theta_1}. \quad (56)$$

3. Определение  $c_{2j}^*$  в соответствии с правилом

$$c_{2j}^* = c_{1j}^* + c_{ji}, \quad c_{ji} \in \{c_{ji} | i=\overline{1,n_j}\}. \quad (57)$$

4. Формирование решений исходной задачи методом сетевого программирования (вторая и последующие итерации):

$$\{\{x_{ji}^k | i=\overline{1,n_j}\} | k=\overline{1,k_j}\} | j=\overline{1,m}\}_2^0, \theta=\overline{1,\theta_2}. \quad (58)$$

5. Если множества решений полученных на последних двух итерациях совпадают, то решение ОДЗ найдено, в противном случае перейти к п.3.

Для решения ОДЗ разработан комплекс программ, на который получено свидетельство о регистрации программ ФИПС.

*Пример решения ОДЗ.* Исходные данные для задачи, порождающей ОДЗ, приведены в таблице 1.

Решение ОДЗ потребовало выполнения 4 итераций для следующих значений  $c_j^*, j=\overline{1,3}$ :

$$\begin{array}{lll}
 1. & c_{11}^* = \frac{1712}{3584} 1100 \approx 528 & c_{12}^* = \frac{1008}{3584} 1100 \approx 308 & c_{13}^* = \frac{864}{3584} 1100 \approx 264 \\
 2. & c_{21}^* = 528 + 90 = 618 & c_{22}^* = 308 + 90 = 398 & c_{23}^* = 264 + 90 = 354 \\
 3. & c_{31}^* = 618 + 64 = 682 & c_{32}^* = 398 + 54 = 452 & c_{33}^* = 354 + 54 = 408 \\
 4. & c_{41}^* = 682 + 90 = 772 & c_{42}^* = 452 + 90 = 542 & c_{43}^* = 408 + 90 = 498
 \end{array}$$

Таблица 1 – Исходные данные для прямой задачи персонифицированного управления компетенциями

$P_{li}$	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{2i}$	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{3i}$	$P_{31}$	$P_{32}$
$q_{1i}^1$	4	3	5	$q_{2i}^1$	3	4	$q_{3i}^1$	5	3
$q_{1i}^2$	5	4	3	$q_{2i}^2$	4	3	$q_{3i}^2$	3	4
$q_{1i}^3$	3	2	4	$q_{2i}^3$	2	4	$q_{3i}^3$	2	2
$q_{1i}^4$	4	3	2	$q_{2i}^4$	3	5	$q_{3i}^4$	4	4
$q_{1i}^5$	3	3	5	$q_{2i}^5$	2	4	$q_{3i}^5$	5	2
$q_{1i}^6$	5	4	3	$q_{2i}^6$	3	3	$q_{3i}^6$	4	3
$q_{1i}^7$	4	2	4	$q_{2i}^7$	4	5	-	-	-
$q_{1i}^8$	4	3	2	-	-	-	-	-	-
$c_{li}^*$	60	64	90	$c_{2i}$	54	90	$c_{3i}$	90	54
$k_1 \geq k_1^* = 5$				$k_2 \geq k_2^* = 3$			$k_3 \geq k_3^* = 2$		
$c^* = 1100$									

Множества из 6 решений исходной задачи, полученные методом сетевого программирования на третьей и четвертой итерации, полностью совпали. Соответствующие этим решениям решения ОДЗ приведены в таблице 2.

Заметим, что значения  $c_j^*, j=\overline{1,3}$ , полученные на основе эвристик (55) для первой итерации, достаточно далеки от всех оптимальных решений ОДЗ.

Таблица 2 – Решения обобщенной двойственной задачи

Номер решения	1	2	3	4	5	6
c	1100	1100	1100	1100	1100	1100
c <sub>1</sub>	668	668	578	578	488	488
c <sub>2</sub>	270	216	270	216	270	216
c <sub>3</sub>	162	216	252	306	342	366

**В главе 5** «Игровые постановки, разработка и реализация методов решения задач управления компетенциями и стимулированием персонала» исследуется игровой подход к решению задач управления компетенциями и стимулированием персонала.

*Игровая задача управления компетенциями с делегированием игрокам полномочий по формированию стратегий.* Пусть каждый агент (руководитель соответствующего бизнес-процесса)  $j, j = 1, m$ , решает задачу:

$$q_j(x_j) = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_{ji}} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max; \quad c_j(x_j) = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_{ji}} c_{ji} x_{ji}^k \leq c_j^*. \quad (59)$$

Агент  $j$  стремится максимизировать прирост компетенций сотрудников при ограничении на выделенные ресурсы. Задачу центра, отражающую его интересы, сформулируем следующим образом:

$$\Delta q(x) = \sum_{j=1}^m \left| \frac{q_j(x_j)}{c_j} - \frac{q_j^{\max}}{c_j^{\max}} \right| \rightarrow \min_{\{c_j^*, j=1, m; \sum_{j=1}^m c_j^* = c^*\}}. \quad (60)$$

Здесь  $q_j^{\max} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_{ji}} q_{ji}^k$ ,  $c_j^{\max} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_{ji}} c_{ji}$ . Величины  $q_j^{\max}$  и  $c_j^{\max}$  описывают, соответственно, прирост компетенций  $j$ -ой группы пользователей и объем ресурсов, требуемый для обучения всех пользователей  $j$ -ой группы по всем программам, а величина  $\frac{q_j^{\max}}{c_j^{\max}}$  – удельную эффективность обучения «всех по всем программам».

Задача центра, согласно (60), состоит в нахождении таких  $c_j^*$ , которые минимизируют суммарные отклонения планируемых удельных эффективностей обучения пользователей отдельных групп при заданном ограничении на ресурсы, от удельных эффективностей, соответствующих отсутствию таких ограничений. Для определения оптимальных стратегий центра и агентов разработана и программно реализована итеративная процедура согласования интересов. В таблице 3 приведены результаты компьютерного моделирования рассматриваемой игровой задачи управления компетенциями.

Таблица 3 – Результаты компьютерного моделирования игровой задачи

Тип игры	ВВВ	ВВН	ВНВ	ВНН	ННН	ВВВ	ВВН	ВНВ	ВНН	ННН
$c^*$	1100	1380	1100	1380	1100	1380	1100	1380	1100	1380
$\Delta q_3$	0,0492	0,0377	0,0423	0,0324	0,0354	0,0280	0,0375	0,0328	0,0479	0,0379
$q_3^{\text{опт}}$	72	86	84	95	78	99	91	106	106	102
$c_{13}$	544	676	433	676	433	631	383	676	518	655
$c_{23}$	265	335	230	335	250	390	365	355	295	365
$c_{33}$	237	301	380	299	380	348	301	301	252	301
$\sum c_{jy}$	1046	1312	1043	1310	1063	1369	1049	1332	1065	1321
$n_{\text{итер}}$	3	3	3	2	3	4	3	5	3	5
$\Delta q^{\text{опт}}$	0,0401	0,0316	0,0356	0,0296	0,0301	0,0193	0,0232	0,0168	0,0421	0,0323
$q^{\text{опт}}$	74	88	88	103	84	100	97	112	108	131
$c_1^{\text{опт}}$	396	631	359	581	259	433	296	359	444	581
$c_2^{\text{опт}}$	300	335	300	300	445	560	435	525	275	400
$c_3^{\text{опт}}$	595	395	427	474	395	380	269	474	380	395
$\sum c_j^{\text{ит}} \delta$	1091	1361	1086	1355	1099	1373	1096	1358	1099	1376
$Q$	18,5	16,2	15,8	8,6	14,9	31,1	38,1	48,8	12,1	14,8

Здесь  $Q = 100(\Delta q_3 - \Delta q_3^{\text{опт}}) / \Delta q_3$ .

Проведена имитация 10 игр с двумя уровнями базовых компетенций пользователей (высоким – В и низким – Н) и двумя уровнями величины бюджета на обучение (в 1100 и 1380 единиц, что соответствует 50% и 66% максимального значения бюджета). Всего потребовалось реализовать 34 итерации, на каждой из которых формировалось решение путем выбора из  $2^{50}$  альтернатив. Сравнение эффективностей  $\Delta q_3$  решений, полученных на основе эвристической процедуры распределения ресурсов, и эффективностей  $\Delta q^{\text{опт}}$  решений, найденных с использованием предложенной итерационной процедуры распределения ресурсов, показывает, что она улучшает значение показателя эффективности на 8,6 – 48,8% (в среднем на 21,9%), рисунок 3.

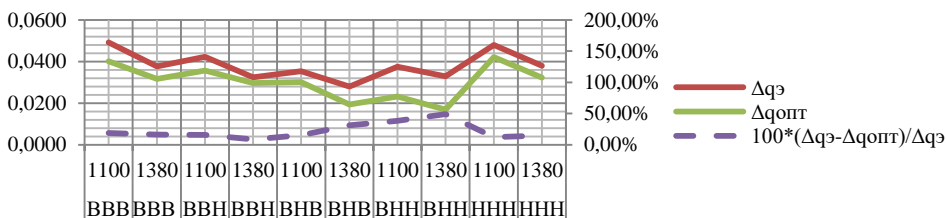


Рис. 3 – Сравнение эффективностей эвристической и итерационной процедур

При этом во всех случаях улучшается суммарный показатель  $q^{\text{опт}}$  компетенций и размер  $\sum c_j^{\text{опт}}$  использованных ресурсов.

*Игровая задача управления компетенциями на основе базовых решений центра.* В качестве «базовых», центр предлагает агентам решения исходной задачи

$$q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji} x_{ji}^k \leq c^*, \quad \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*, \quad j = \overline{1, m}, \quad (61)$$

соответствующие оптимальному распределению ресурсов, полученному в результате решения ОДЗ. Эти решения

$$(q_0, c_0, \{ \{ \{ x_{ji}^k | i = \overline{1, n_j} \} | k = \overline{1, k_j} \} | j = \overline{1, m} \} )^0, \theta = \overline{1, \theta^b}, \quad (62)$$

обеспечивают максимально возможное увеличение компетенций при заданном бюджете на обучение. Однако они выработаны без учета несовпадающих интересов центра и агентов.

Агенты самостоятельно, или вступая в коалиции с другими агентами, корректируют «базовые» решения в соответствии со своими целевыми установками. Пусть

$$(q_0, c_0, \{ \{ \{ x_{ji}^k | i = \overline{1, n_j} \} | k = \overline{1, k_j} \} | j = \overline{1, m} \} )^0, \theta = \overline{1, \theta^{ag}} - \quad (63)$$

– результат изменения «базовых» решений агентами.

Задача выбора центром оптимальной стратегии, на основе сформированных агентами стратегий (63), сводится к максимизации критерия:

$$Q^0 = \alpha_{\text{ц}} \Delta q_6^{\text{ул}0} + \sum_{j=1}^m \alpha_j q_{j6}^0, \theta = \overline{1, \theta^{ag}}, \quad (64)$$

$$\Delta q^{\text{ул}0} = \sum_{j=1}^m \left| q_j^{\text{ул}0} - \frac{q_j^0(x_j)}{c_j^0(x_j)} \right|, \quad (65)$$

$\alpha_{\text{ц}}$  и  $\alpha_j, j = \overline{1, m}$ , – весовые коэффициенты для оценок центра и агентов

$(\alpha_{\text{ц}} + \sum_{j=1}^m \alpha_j = 1)$ , а  $\Delta q_6^{\text{ул}0}$  и  $q_{j6}^0$ , соответственно, балльные оценки центра и агентов

решений  $\Delta q^{\text{ул}0}$  и  $q_j^0$ , (63).

Пример решения этой игры приведен в диссертационной работе.

*Игровая задача синтеза сбалансированной и согласованной функции стимулирования проектной команды.* По аналогии с широко распространенным в управлении проектами понятием сбалансированного управления проектированием, введено понятие сбалансированной функции стимулирования. Функция описывает зависимость стимула от отклонений фактических значений трех ключевых параметров проекта (бюджета В, длительности Т, качества К) от их плановых значений В\*, Т\* и К\*. Качество проекта оценивается по размеру потерь, которые несет заказчик проекта и проектная команда на исправление ошибок проектирования на начальном периоде эксплуатации.

Предложена следующая функция стимулирования:

$$\sigma(B, T, K) = \begin{cases} \sigma(B^*) + \alpha_B (B - B^*) + \sigma(T^*) + \gamma_T \alpha_T (T - T^*) + \\ \sigma(K^*) + \alpha_K (K - K^*), & \text{если } B^* \geq B, T^* \geq T \text{ и } K^* \geq K; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (66)$$

Здесь,  $\sigma(B^*)$ ,  $\sigma(T^*)$ ,  $\sigma(K^*)$  – размеры стимула за достижение плановых значений показателей  $B^*$ ,  $T^*$ ,  $K^*$ . Параметры функции стимулирования  $\alpha_B, \alpha_T, \alpha_K$  – доли, которые получит проектная команда от сэкономленных, соответственно, бюджета, созданной добавленной стоимости досрочно введенными в эксплуатацию ИТ-сервисами и от сэкономленных средств в период опытно-промышленной эксплуатации ИТ-сервисов. Параметр  $\gamma_T$  – добавленная стоимость, создаваемая внедренными сервисами в единицу времени.

Частные составляющие функции стимулирования («бюджетная», «временная» и «качественная») описываются следующими соотношениями:

$$\sigma(B) = \begin{cases} \sigma(B^*) + \alpha_B (B - B^*), & \text{если } B^* \geq B \\ 0, & \text{если } B^* < B \end{cases}, \quad (67)$$

$$\sigma(T) = \begin{cases} \sigma(T^*) + \gamma_T \alpha_T (T - T^*), & \text{если } T^* > T \\ 0, & \text{если } T^* \leq T \end{cases}, \quad (68)$$

$$\sigma(K) = \begin{cases} \sigma(K^*) + \alpha_K (K - K^*), & \text{если } K^* > K \\ 0, & \text{если } K^* \leq K \end{cases}. \quad (69)$$

Графическое представление частных функций стимулирования иллюстрирует рисунок 4, на котором представлена «бюджетная» составляющая функции.

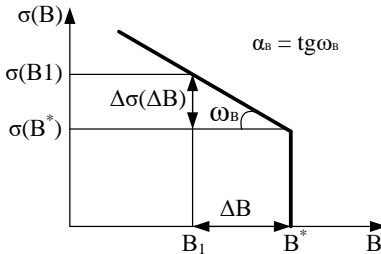


Рис. 4 – График бюджетной составляющей  $\sigma(B)$

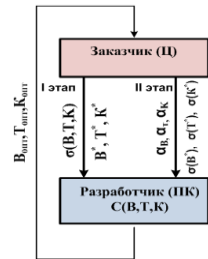


Рис. 5 – Схема согласования интересов

Понятие согласованной системы стимулирования предполагает учет в механизме стимулирования интересов проектной команды и заказчика. Схема согласования интересов приведена на рисунке 5 и включает следующие шаги:

1. Заказчик проекта сообщает проектной команде базовые параметры проекта  $B^*$ ,  $T^*$ ,  $K^*$  и общий вид функции стимулирования;

2. Проектная команда определяет оптимальные для себя значения  $B_{\text{опт}}$ ,  $T_{\text{опт}}$ ,  $K_{\text{опт}}$ .

3. Заказчик проекта определяет оптимальные для себя значения  $\alpha_B, \alpha_T, \alpha_K$ .

Построение оптимальных стратегий проектной команды покажем на примере бюджетной составляющей. Функцию затрат проектной команды определим в виде квадратичной функции:

$$C(B) = C(B^*) + \beta_B (B - B^*)^2, \quad (70)$$

которая широко применяется в управлении проектами.

Доход проектной команды представляет собой разность величины стимула за уменьшение бюджета и трудозатратами для достижения этого уменьшения:

$$d(B) = \sigma(B) - C(B). \quad (71)$$

Задача проектной команды по формированию оптимальной стратегии по бюджету описывается соотношением:

$$d(B) \rightarrow \max_B. \quad (72)$$

Решив эту задачу (взяв производную, приравняв ее к нулю и решив полученное уравнение), сформируем оптимальную стратегию проектной команды по бюджетной составляющей:

$$B_{\text{опт}} = B^* + \frac{\alpha_B}{2\beta_B}. \quad (73)$$

Рисунок 6 поясняет формирование оптимальной стратегии.

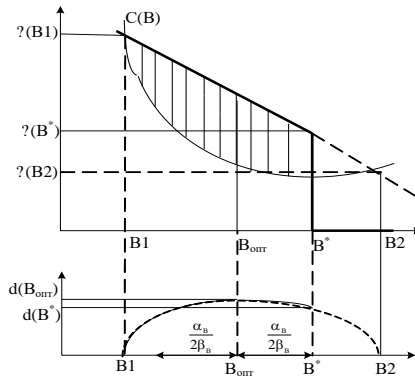


Рис. 6 – Определение оптимальной стратегии проектной команды

Для построения оптимальной стратегии заказчика запишем его функцию затрат для бюджетной составляющей:

$$y(B) = B + \alpha_B (B - B^*) + \sigma(B^*). \quad (74)$$



Подставив в функцию затрат заказчика значение  $B_{\text{опт}}$ , выбранное проектной командой, сформируем задачу выбора оптимальной стратегии заказчика:

$$y(B_{\text{опт}}) = B^* + \sigma(B^*) + \frac{\alpha_B + \alpha_B^2}{2\beta_B} \rightarrow \min_{\alpha_B}. \quad (75)$$

Решив эту задачу (взяв производную, приравняв ее к нулю и решив полученное уравнение), сформируем оптимальную стратегию заказчика:

$$\alpha_{B\text{опт}} = -1/2. \quad (76)$$

Заметим, что функция затрат заказчика при оптимальных стратегиях (проектной команды и заказчика) принимает вид:

$$y(B_{\text{опт}} | \alpha = -1/2) = B^* + \sigma(B^*) - 1/8\beta_B. \quad (77)$$

Уменьшение бюджета на  $1/8\beta_B$  можно трактовать как эффект от применения бюджетной составляющей функции стимулирования. Аналогично формируются оптимальные стратегии для «временной» и качественной составляющих функции стимулирования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научной квалификационной работой, в которой решена *актуальная научная проблема* повышения на современном этапе конкурентоспособности поставщиков ИТ-услуг всех типов и форм собственности на основе разработки и применения структуры адаптивной к изменениям рыночной среды и саморазвивающейся системы управления активами ИТ-провайдера, формализации постановок и совершенствования методов и алгоритмов решения задач управления жизненным циклом ИТ-сервиса *и которая квалифицируется*, как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение.

### Основные результаты

Для создания ИТ-провайдером конкурентных преимуществ выполнены следующие исследования и разработки:

1. Изучены «лучшие практики» методологии ITIL v3, v4 и крупных российских компаний по структуризации ИТ-деятельности и принятию решений при управлении жизненным циклом ИТ-сервисов и построена функциональная структура конкурентоспособной системы управления активами ИТ-провайдера, ориентированная на достижение лучших рыночных значений показателей «базовых» критических факторов успеха и оптимизацию значений показателей факторов – «потенциалов» успеха рыночной ИТ-среды.

2. Разработаны многовариантные математические постановки и процедуры решения следующих ключевых задач управления информационно-технологическими сервисами и процессами, реализуемых на различных стадиях жизненного цикла ИТ-сервиса и определяющих конкурентоспособность ИТ-провайдера:

- формирование функционального объема ERP-системы предприятия, учитывающей количество связей между бизнес-процессами предприятия, количество используемых унаследованных проектных решений из систем «лоскутной автоматизации», затраты на создание ERP-системы;

- многовариантная задача формирования плана сервисных улучшений, в которой оптимизируется линейный и нелинейный комплексный показатель эффективности процессов жизненного цикла ИТ-сервиса, а ограничения учитывают инвестиции в проекты оптимизации и изменение операционных затрат на функционирование совершенствуемых ИТ-процессов;

- календарное планирование разработки ИТ-сервисов бизнес-процессов предприятия параллельно работающими проектными группами, критерий которой направлен на синхронизацию периодов времени проектирования взаимозависимых ИТ-сервисов, а затраты на разработку отдельного сервиса описываются невозрастающей функцией от момента времени начала его проектирования;

- определение функционального объема пилотного тестирования ERP-системы предприятия, критерий которой ориентирован на максимизацию числа подлежащих проверке связей ИТ-сервисов, а ограничения описывают общие затраты на тестирование, количество тестируемых сервисов отдельного бизнес-процесса и число сервисов, с которыми проверяются связи тестируемого сервиса;

- формирование и календарное планирование развертывания релизов ИТ-сервисов, учитывающих структурные свойства ИТ-сервисов и динамику применения их пользователями, ориентированных на минимизацию отклонения числа отказов эксплуатируемых ИТ-сервисов при развертывании релизов в эксплуатационной среде от пропускной способности канала обслуживания отказов, а ограничения описывают число отказов ИТ-сервисов, которые не будут обработаны каналом обслуживания в результате развертывания релизов;

- скалярных и векторных задач унифицированного и персонализированного управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов, для которых процедуры поиска оптимальных решений векторных задач построены на объединении множеств Парето-решений прямой и обратной задачи управления компетенциями;

- теоретико-игровых задач управления компетенциями пользователей ИТ-сервисов, в которых оптимальные стратегии центра и агентов определяются, в частности, на основе базовых решений, соответствующих оптимальным значениям критерия обобщенной двойственной задачи, порождаемой исходной задачей управления компетенциями.

3. Разработан метод и итеративная процедура решения обобщенной двойственной задачи (ОДЗ) сетевого программирования, порождаемой задачей управления компетенциями, позволяющие найти оптимум исходной задачи.

4. Разработаны комплексы программ (с получением 4 свидетельств ФИПС о регистрации программ), реализующие предложенные процедуры решения следующих задач:

- формирование функционального объема ERP-системы, программный комплекс решения которой позволят исследовать зависимость функцио-

нального объема ERP-системы от уровня риска реализации проекта, который задает бизнес;

- формирование плана сервисных улучшений, программный комплекс решения которой дает возможность формировать перечень планируемых для реализации проектов исходя из принятой ИТ-провайдером стратегии (ориентированной, например, на качество поставляемых ИТ-сервисов или на эффективность их поддержки);

- унифицированное и персонифицированное управление компетенциями пользователей ИТ-сервисов, программный комплекс решения которых позволяет исследовать зависимость формируемых унифицированных и персонифицированных программ от начального уровня компетенций обучающихся и от размера бюджета на обучение;

- обобщенная двойственная задача, соответствующая прямой задаче персонифицированного управления компетенциями, программный комплекс для решения которой позволяет находить решение исходной задачи, обеспечивающее минимум верхней границы значения критерия, получаемого при применении метода сетевого программирования.

5. Методом компьютерного моделирования процесса решения игровой задачи управления компетенциями доказано, что эффективность решений, найденных с использованием предложенной итерационной процедуры распределения ресурсов, превышает показатели эффективности решений, полученных на основе эвристических процедур, в среднем на 21,9%.

6. Применение программного комплекса формирования плана сервисных улучшений для планирования образовательной, научной и другой деятельности профессорско-преподавательского состава университета позволило улучшить значение индекса эффективности планов на 5 – 40 % при однокровных трудозатратах на их реализацию.

7. Реализовано апробирование и практическое использование результатов диссертационной работы в учебном процессе СибГИУ по направлениям подготовки 09.03.02 и 09.04.02. Программные комплексы решения задач управления компетенциями персонала и формирования портфеля проектов совершенствования ИТ-процессов жизненного цикла ИТ-сервиса включены в состав базового ПО учебного назначения Центра цифровых компетенций СибГИУ. Они используются магистрантами для исследования зависимости оптимальных решений задачи управления компетенциями ИТ-персонала от уровня начальных компетенций и затрат на обучение; исследования зависимости состава портфеля проектов совершенствования ИТ-процессов жизненного цикла ИТ-сервиса от размеров инвестиционного и операционного бюджетов, а также от принятой ИТ-провайдером стратегии.

8. Результаты диссертационного исследования рассмотрены, приняты к разработке и внедрению, а также внедрены в СибГИУ, АО «ЕВРАЗ ЗСМК», ООО «СТРИМ», ПАО «Банк Левобережный», АО НПЦ «Эталон» Кемеровский филиал, ООО «Кузбассавтоцентр», ООО «Флай Моторс», с фактическим экономическим эффектом в 4600 тыс. руб. и ожидаемым эффектом в 250 тыс. руб.

*Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК*

1. Зимин, А.В. Применение компьютерного моделирования для исследования решений игровой задачи управления компетенциями / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Системы управления и информационные технологии. – 2020. – №4(82) – С. 32–34.
2. Зимин, А.В. Математические модели и механизмы управления как средства повышения конкурентоспособности активов ИТ-провайдера / А.В. Зимин // Системы управления и информационные технологии. – 2020. – №3(81). – С. 13-19.
3. Зимин, А.В. Планирование развертывания сервисных активов, основанное на данных о применении ИТ-сервисов / А.В. Зимин, И.А. Золин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2020. – Т. 63. № 5. – С. 373–378.
4. Зимин, А.В. Модели и механизмы управления эффективностью ИТ-процессов / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Системы управления и информационные технологии. – 2019. – №4(78). – С. 37–41.
5. Зимин, А.В. Оргмеханизмы формирования программ обучения пользователей ИТ-сервисов / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Системы управления и информационные технологии. – 2019. – № 3 (77). – С. 63–66.
6. Зимин, А.В. Игровые модели и механизмы формирования программ повышения компетенций пользователей ИТ-сервисов / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Системы управления и информационные технологии. – 2019. – №3(77). – С. 86–90.
7. Зимин, А.В. Формирование программ обучения пользователей ERP-системы / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Митьков, В.В. Зимин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61. № 10. – С. 813–817. в переводной версии журнала:  
Zimin, A.V. Formulating Training Programs for Users of ERP Systems / A.V. Zimin, I.V. Burkova, V.V. Mit'kov, V.V. Zimin // 2018. – Steel in Translation. – 48(10). – С. 642–646
8. Зимин, В.В. Календарное планирование ИТ-сервисов ERP-проекта предприятия / В.В. Зимин, В.В. Митьков, А.В. Зимин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61. № 4. – С. 319–325
9. Зимин, В.В. Оптимизация объема пилотного тестирования ERP-системы / В.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Митьков, А.В. Зимин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61. № 6. – С. 478–484 в переводной версии журнала:  
Zimin, V.V. Optimizing the Pilot Testing of ERP Systems / V.V. Zimin, I.V. Burkova, V.V. Mit'kov, A.V. Zimin // 2018. – Steel in Translation. – 48(6). – С. 362–367.
10. Зимин, В.В. Формирование функционального объема и рабочих групп ERP-проекта предприятия / В.В. Зимин, В.В. Митьков, А.В. Зимин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2017. – Т. 60. № 12. – С. 998–1004.

11. Зимин, В.В. К разработке системы управления портфелем сервисов ИТ-провайдера. В.В. Зимин, С.М. Кулаков, А.В. Зимин, М.В. Пургина / Системы управления и информационные технологии. – 2013. – №3(53). – С. 81–84.

*Публикации, индексируемые в наукометрической базе данных Scopus*

12. Zimin, A.V. Use of generalized dual problem solutions in the game model of competence management problem / A.V. Zimin, I.V. Burkova, V.V. Zimin, O. Ja. Kravets // J. Phys.: Conf. Ser. 1691 (2020) 012155.

13. Zymin, A. V. Models and mechanisms for planning service improvements / A. V. Zymin, I. A. Zolin, I. V. Burkova, V. V. Zimin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 865 (2019) 012016.

14. Zimin, A.V. The mechanism for the generalized dual problem of network programming solving / A.V. Zimin, I.V. Burkova, O.Ja. Kravets, V.V. Zimin // IOP (Q3) J. Phys.: Conf. Ser. 1399 (2019) 033031.

15. Zimin, A.V. Models and mechanisms for managing competencies of IT services users / A.V. Zimin, I.V. Burkova, V.V. Zimin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 377 (2019) 012046.

16. Zimin, A.V. Models and mechanisms for managing the deployment of IT service releases in the operational environment / A.V. Zimin, I.V. Burkova, V.V. Zimin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 377 (2019) 012045.

17. Zimin, V.V. The vector optimization mechanism for resource planning problems / V.V. Zimin, V.V. Mitkov, A.V. Zimin, I.G. Stepanov, A.A. Ivushkin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 206(1), (2018) 012045.

*Монографии и учебные пособия*

18. Зимин, А.В. Разработка моделей и механизмов управления проектированием и внедрением ERP-системы предприятия: учеб. пособие / А.В. Зимин, В.В. Зимин, В.В. Митьков // Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ. – 2019. – 95 стр.

19. Зимин, В.В. Модели и механизмы управления жизненным циклом ИТ-сервисов (научная монография) / В.В. Зимин., И.В. Буркова, А.В. Зимин // – Saarbrücken: LAB LAMBERT Academic Publishing – 2017 – 328 с.

*Свидетельства ФИПС о регистрации программ для ЭВМ*

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020618300. Программный комплекс для формирования плана оптимизации ИТ-процессов / Зимин А.В.; правообладатель Зимин А.В. (RU). Заявка № 2020617415, дата поступления – 13.07.2020; дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ – 22.07.2020.

21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020618313. Программный комплекс для формирования методом сетевого программирования унифицированных и персонифицированных программ повышения компетенций персонала предприятий и организаций / Зимин А.В., Золин И.А., Сергеева Д.М., Свинцов М.М.; правообладатель Зимин А.В. (RU). Заявка № 2020617446, дата поступления – 13.07.2020; дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ – 23.07.2020.

22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020618366. ПО для итеративной процедуры решения обобщенной двойственной задачи сетевого программирования / Зимин В.В., Зимин А.В., Калашников С.Н., Рябцев Е.И.; правообладатель Зимин В.В. (RU). Заявка № 2020617455, дата поступления – 13.07.2020; дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ – 24.07.2020.

23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619803. Программа для решения задачи формирования функционального объема ERP-системы методом сетевого программирования / Золин И.А., Зимин А.В., Сергеева Д.М.; правообладатель Золин И.А. (RU). Заявка № 2020615138, дата поступления – 20.05.2020; дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ – 25.08.2020.

### *Статьи и материалы конференций*

24. Зимин, А.В. Интеллектуализация механизма планирования образовательной и научной деятельности преподавателя университета / А.В. Зимин, Р.С. Койнов, В.В. Зимин // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах : труды V Международной научно-практической конференции. Сиб. гос. индустр. ун-т : под общ. ред. И. А. Рыбенко, Т. В. Киселевой. – Новокузнецк – 2021. – С. 434 – 439.

25. Зимин, А.В. Конкурентоспособность сервисов и процессов – системообразующий компонент стратегии ИТ-провайдера / А.В. Зимин // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал. Сиб. гос. индустр. ун-т: под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк – 2020. – №6. – С. 248 – 254.

26. Зимин, А.В. О функциях и задачах управления конкурентоспособностью стадии эксплуатации ИТ-сервиса / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал. Сиб. гос. индустр. ун-т: под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк – 2020. – №6. – С. 245 – 248.

27. Зимин, А.В. Процесс оптимального плана застройки промышленных территорий Сибири / А.В. Зимин, И.Н. Буцук, А.П. Семин, Л.Н. Музыченко // В сборнике: Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России: Труды II всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) под общ. ред.: А.Ю. Столбоушкина, Е.А. Алешиной, О.В. Матехиной, Е.А. Елагиных. – Новокузнецк – 2019. – С. 290 – 292.

28. Зимин, А.В. Модели и механизмы планирования сервисных улучшений / А.В. Зимин // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019 : Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) под общ. ред.: С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк – 2019. – С. 268 – 274.

29. Зимин, А.В. Об игровом подходе к повышению компетенций пользователей ИТ-сервисов / А.В. Зимин, Д.М. Сергеева, В.В. Зимин // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным уча-

ствием) под общ. ред.: С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк – 2019. – С. 274 – 280.

30. Зимин, А.В. Модели и механизмы реализации гибкого целеполагания при формировании программы обучения пользователей ERP-системы / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления: материалы. Москва, 17-20 июня 2019 г. в ИПУ РАН – М., 2019. – С. 1733–1737.

31. Зимин, А.В. Механизм управления развертыванием релизов ИТ-сервисов основанный на структурных свойствах сервиса / А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал. Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк – 2019. – №5. – С. 337–340.

32. Зимин, А.В. О механизмах формирования оптимальных персонализированных программ обучения пользователей / А.В. Зимин, Т.В. Киселева, И.В. Буркова, В.В. Зимин // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал. Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк – 2019. – №5. – С. 341–344..

33. Митьков, В.В. 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: науч. журнал. Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк – 2018. – №4. – С. 397–401.

34. Зимин, В.В. Применение сетевого программирования для распределения ресурсов на оптимизацию ИТ-процессов / В.В. Зимин, С.М. Кулаков, А.В. Зимин // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды X Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – 2015. – С. 228–233.

Издание подготовлено в авторской редакции

Подписано в печать 08.07.2021г.

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 2.0. Тираж 100 экз. Заказ № 159

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42.

Издательский центр СибГИУ