

На правах рукописи



БОРОВКОВА ГАЛИНА СЕРГЕЕВНА

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
С ПОМОЩЬЮ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ**

Специальность:

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Липецк – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ЛГТУ»)

Научный руководитель: **Блюмин Семён Львович**, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «ЛГТУ», профессор кафедры прикладной математики

Официальные оппоненты: **Гусева Анна Ивановна**, доктор технических наук, профессор кафедры экономики и менеджмента в промышленности ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»», г. Москва

Скуднев Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры информатики, информационных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семёнова-Тян-Шанского», г. Липецк

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

Защита диссертации состоится «08» апреля 2020 г. в 12.00 на заседании диссертационного совета Д 212.211.02 в ФГБОУ ВО «РГРТУ» по адресу: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1, ауд. 235.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», а также на сайте ФГБОУ ВО «РГРТУ» www.rsreu.ru.

Автореферат разослан «__» _____.

Учёный секретарь
диссертационно совета,
д.т.н., доцент



Перепелкин
Дмитрий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное высшее образование в России должно отвечать международным требованиям и отличаться качественным подходом к процессу обучения. Уровень компетентности и заинтересованности сотрудников, осуществляющих образовательный процесс, может быть рассмотрен как показатель качества высшего образования. Одним из возможных подходов к оценке компетентности преподавателя образовательного учреждения высшего образования (ОУ ВО) является рейтинговая система. Рейтинги рассчитываются для каждого сотрудника вуза, каждой кафедры, факультета, института, университета.

Использование рейтинговой оценки работы профессорско-преподавательского состава (ППС) высшего учебного заведения позволяет проводить математически обоснованный анализ его эффективности за разные отчетные периоды и является почвой для разработки системы управленческих воздействий для повышения эффективности его работы. Поэтому актуальной является задача разработки метода анализа влияния изменений результатов того или иного направления работы сотрудников кафедры на изменение рейтинга кафедры, факультета и университета в целом за различные отчетные периоды. Для этого предлагается использовать метод анализа конечных изменений (АКИ). В условиях плановой экономики изменение экономических показателей было незначительным, после перехода к рыночной, когда оптимизация деятельности экономических систем стала достигаться за счет корректного управления, то есть изменения необходимых показателей, эти изменения перестают быть малыми, но остаются конечными. Таким образом, основной задачей АКИ является прикладное исследование системных связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов, ориентированное на повышение эффективности управления ими.

Объектом исследования является социально-экономическая система ОУ ВО, а именно процесс управления ППС. В качестве средства управления выступает рейтинговая система. На основании результатов ежегодного мониторинга эффективности работы преподавателей посредством рейтинговой системы формируются управляющие мероприятия.

Рейтинг университета представляет собой иерархическую систему, которая описывается целым набором показателей. На изменение каждого показателя влияют изменения оказывающих на него действие факторов. Систему показателей с наборами факторов можно описать с помощью системы функций (показателей), каждая из которых зависит от определенного набора аргументов (факторов). Исследование поведения системы показателей, факторов и системы в целом является основной задачей системного анализа, который предшествует управлению и принятию решений. Такой метод АКИ, как цепной лагранжев анализ конечных изменений (ЦЛАКИ) позво-

ляет анализировать изменения системы в целом в сравнении с изменениями ее системообразующих элементов. На основе вышеизложенного, актуальность развития ЦЛАКИ состоит в возможности анализа информации и управления сложными социально-экономическими системами.

В управлении социально-экономическими системами для формирования управленческих решений и получения отдельных значений аргументов некоторой функции на основе задаваемого для нее прироста применяется метод обратных вычислений (МОВ). Использование МОВ позволит управлять работой подразделений ОУ ВО таким образом, что будут достигнуты желаемые значения показателей эффективности. Развитие МОВ вместе с АККИ актуально, поскольку позволит гибко управлять исследуемой социально-экономической системой за счет учета человеческого фактора, что повысит влияние управляемой системы на процесс управления.

Степень разработанности темы исследования. Существует множество работ российских ученых, посвященных управлению образовательными системами, наиболее значимые принадлежат Буркову В.Н., Бурковой И.В., Новикову А.М., Новикову Д.А., Ирикову В.А., Тренину В.Н., Баракову С.А., Баашову В.Г., Соловьёву И.В., Цветкову В.Я. и др. В то же время, вопросу оценки качества образовательной деятельности в высшем учебном заведении, в том числе рейтинговой посвящены работы Васильевой Е.Ю., Гранчиной О.А., Трапицына С.Ю., Грибановой Е.В., Козлова А.Н., Гаджиева Н.Г., Ахмедовой Х.Г., Ковалева В.И., Ледяева А. П., Микони С.В., Якубчик П.П., Тихонова А.Н., Абрамешина А.Е., Ворониной Т.П., Иванникова А.Д., Молчановой О.П., Фролова С.П.

Задачам управления и формирования решений в экономических системах, в том числе и МОВ, посвящен ряд работ Тихонова А.Н., Саати Т., Одинцова Б.Е., Романова А.Н., Грибановой Е.В., Виштак О.В., Штырова И.А. и др., в которых они освещают методы решения таких задач, но не связывают их с АККИ, хотя их постановка является предпосылкой к его применению.

Методы, основанные на применении различных теорем о среднем, такие как ЛАКИ и ЦЛАКИ, освещены в работах Блюмина С.Л., Суханова В.Ф., Чеботарева С.В., Коробкова М.В., Мироненко Л.П., Петренко И.В., R.M. McLeod, P.K. Sahoo, T. Riedel, A. Besenyei и др., но формулировка этих методов в работах данных ученых приведена для решения узкого круга задач и требует развития.

Таким образом, тема диссертационного исследования является междисциплинарной, находясь на стыке математического анализа и управления в социальных и экономических системах, что делает выбранную тему актуальной и уникальной.

Цель работы и задачи исследования. Цель диссертационного исследования заключается в разработке методов и алгоритмов управления образовательным учреждением высшего образования с помощью рейтинговой

системы, по результатам работы которой формируются управляющие мероприятия, способствующие повышению эффективности работы профессорско-преподавательского состава и позволяющих сравнивать результативность деятельности сотрудников за разные отчетные периоды.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- осуществить анализ существующих моделей, методов, методик и алгоритмов управления и анализа эффективности управления социально-экономическими системами, такими как образовательные учреждения, на основе рейтинговых систем;

- разработать методику анализа эффективности деятельности ППС на основе рейтинговой системы таким образом, чтобы сравнивать ее результативность за разные отчетные периоды;

- разработать метод планирования деятельности ППС на будущий отчетный период и алгоритм его реализации в рейтинговой системе университета;

- реализовать информационно-аналитическую систему «Рейтинг университета», рекомендации которой лягут в основу управляющих мероприятий, направленных на повышение эффективности работы ППС.

Методы исследования включают математическое моделирование, математический анализ, анализ конечных изменений, обратные вычисления, методы обработки информации, вычислительную алгебру, вычислительные эксперименты. При создании программного обеспечения использовался подход объектно-ориентированного программирования.

Научная новизна. В диссертационной работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- модернизирован метод управления иерархическими организационными системами, такими как информационно-аналитическая система «Рейтинг университета», отличающийся применением цепного лагранжева анализа конечных изменений сложных функций, применимый к скалярным функциям векторных аргументов разной мощности;

- разработан алгоритм управления университетом с помощью рейтинговой системы, как средство достижения желаемого уровня эффективности ППС, отличающийся использованием метода обратных вычислений, в качестве инструмента поиска изменений факторов для достижения желаемого изменения показателя и предваряющего анализ конечных изменений, используемый в роли оценки найденных изменений;

- получены способы нахождения средней точки и факторных нагрузок на основе формул Бонне и второй теоремы о среднем, отличающиеся возможностью быстрого нахождения параметра средней точки в силу его линейного вхождения в приращение функции;

– разработана структура проблемно-ориентированного программного обеспечения информационно-аналитической системы «Рейтинг университета» с применением новых методов, представляющей собой систему учета и анализа, результаты работы которой являются основой для управления деятельностью профессорско-преподавательского состава.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии и разработке метода анализа иерархических систем, таких как информационно-аналитическая система (ИАС) «Рейтинг университета», основанного на ЦЛА-КИ; метода управления организационными системами на основе синтеза МОВ и АКИ; способа нахождения средней точки и факторных нагрузок на основе второй теоремы о среднем.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в разработке и внедрении средства учета и управления социально-экономической системой, такого как рейтинговая система в ОУ ВО; в обосновании эффективности новых методов анализа изменений результативности ППС за разные отчетные периоды; в реализации метода управления организационными системами на основе комбинации МОВ и АКИ, который позволяет управлять результирующими значениями факторов и показателя. В результате проведенного диссертационного исследования была создана ИАС «Рейтинг университета», как средство поддержки принятия решений и управления, позволяющая определить влияние изменений результатов деятельности ППС за разные отчетные периоды на изменение рейтинга структурных подразделений на основе полученных алгоритмов и методов, позволяющих проводить дальнейшее стимулирование и управление.

Компоненты разработанного программного обеспечения прошли государственную регистрацию в федеральной службе по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ).

Положения, выносимые на защиту:

- метод анализа эффективности профессорско-преподавательского состава, основанный на цепном лагранжевом анализе конечных изменений сложных функций;
- методы нахождения средней точки и факторных нагрузок на основе второй теоремы о среднем и формул Бонне;
- алгоритм управления организационными системами на основе синтеза метода обратных вычислений и анализа конечных изменений;
- проблемно-ориентированное программное обеспечение информационно-аналитической системы «Рейтинг университета».

Степень достоверности и апробация результатов. Уровень обоснованности и достоверности полученных в ходе диссертационного исследования результатов обеспечивается использованием надежных методов анализа, сопоставлением их с полученными другими авторами результатами, а также

апробацией на научных конференциях и практическим внедрением разработанных методов анализа и управления.

Реализация и внедрение результатов работы. Полученные практические результаты и разработанное программное обеспечение используется для анализа и управления деятельностью ППС ФГБОУ ВО «ЛГТУ» и планирования деятельности сотрудников на ближайший отчетный период. Теоретические результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе в ФГБОУ ВО «ЛГТУ» при чтении дисциплин «Математический анализ», «Математическое моделирование», «Теория принятия решений», «Экономико-математические методы и модели», а также спецкурсов, при выполнении дипломных и курсовых проектов.

Соответствие паспорту специальности. Содержание диссертационной работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах: п. 1. «Разработка теоретических основ и методов теории управления и принятия решений в социальных и экономических системах»; п. 4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах»; п. 5. «Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в социальных и экономических системах».

Апробация работы. Основные результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и форумах: Международной научно-исследовательской конференции для молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников «Молодежь как импульс в техническом прогрессе» (2014); XI, XII, XIII Всероссийской школе-конференции молодых ученых и специалистов «Управление большими системами» (2014, 2015, 2016); VI Международной научно-практической конференции «Научные стремления - 2015» (Минск, 2015); 9th Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT) (Rostov-on-Don, 2015); Международной научно-практической конференции «Международная научная школа «Парадигма. Лето-2016» (Республика Болгария, 2016); V Всероссийской научно-практической конференции «Математическое моделирование процессов и систем» (Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, 2016); XVIII Международной научно-практической конференции «Интеграция методической (научно-метадической) работы системы повышения квалификации кадров» (Москва, Челябинск, 2017); XII Международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления» (Липецк, 2017); II Международном научно-техническом форуме «Современные технологии в науке и образовании (СТНО-2019)» (Рязань, 2019); а также на научных семинарах кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «ЛГТУ».

Научная работа по теме диссертационного исследования «Применение методов лагранжева анализа конечных изменений в системах управления персоналом при заключении эффективных контрактов» была отмечена дипломом победителя конкурса научных работ молодых ученых по теории управления и ее приложениям ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН в 2015 году. Учебное пособие «Основы лагранжева анализа конечных изменений» удостоено диплома победителя конкурса учебно-методических материалов и инструментальных средств Ассоциации «Объединенный университет имени В.И. Вернадского» в 2017 году.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 20 научных работах, в том числе 3 [2-4] – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 [1] – в научном журнале, индексируемом реферативной базой данных SCOPUS, 2 [5-6] – свидетельство на программу для электронных вычислительных машин. В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателю принадлежат следующие результаты: [1, 2, 16, 18, 20] – модернизирован и введен численный метод лагранжева анализа конечных изменений сложных функций, отличающийся применимостью к широкому кругу задач, [4, 10, 11] – получен численный метод нахождения средней точки и факторных нагрузок на основе второй теоремы о среднем, [3, 13, 15] – пример применения обратных вычислений, [1, 2, 4, 9, 12, 14, 17, 19] – разработка математических и программных методов анализа и управления работой подразделений вуза, а также проведение вычислительных экспериментов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и 4 приложений. Список использованной литературы содержит 101 наименование. Основная часть работы представлена на 96 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность идеи диссертационного исследования, сформулирована цель и задачи работы, определены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе диссертационной работы проводится обзор актуальной ситуации в области оценки и анализа эффективности деятельности сотрудников, рассмотрены возможности рейтинговой системы как средства управления персоналом, в частности ППС ОУ ВО, обоснована принадлежность ОУ ВО к социально-экономическим системам.

Проанализированы проблемы управления, с которыми сталкивается руководство ОУ ВО, выделены следующие основные проблемы: постоянно меняющиеся требования к ОУ ВО по всем направлениям деятельности, необходимость анализа деятельности ППС за различные отчетные периоды и планирования деятельности участников образовательного процесса.

В силу специфики области исследований даны основные понятия АКИ, методы, входящие в его состав, а также возможности АКИ в теории управле-

ния и принятия решений. Представлены формулировки других теорем о среднем, а именно первой и второй формул Бонне и второй теоремы о среднем, обоснована их применимость к АКИ. Обоснована возможность применения АКИ и МОВ к поставленной задаче и необходимость их модификации.

Во второй главе описана реализованная в ФГБОУ ВО «ЛГТУ» ИАС «Рейтинг университета», а также представлены проблемы, возникающие при сравнительном анализе деятельности ППС за разные отчетные периоды.

Представлены основные причины создания ИАС «Рейтинг университета», ее функции, структура, объекты. Показана необходимость развития методов анализа для исследования такого рода систем.

Объектами, подлежащими рейтинговой оценке, являются факультеты, кафедры, преподаватели, студенты и общая образовательная деятельность. Для обеспечения сравнимости результативности ППС предусмотрено разбиение его контингента на четыре квалификационные категории (рис. 1).



Рис. 1. Структура ИАС «Рейтинг университета»

Кроме того, для обеспечения возможности сравнения результатов деятельности кафедр предусмотрено их разбиение на две группы (рис. 1). В совокупную оценку деятельности кафедры включается результативность деятельности всех преподавателей, работающих на данной кафедре, то есть не только штатных сотрудников, но и внешних и внутренних совместителей, а также преподавателей, работающих с почасовой оплатой труда.

Эффективность работы вуза оценивается всего по 80 показателям, среди которых есть показатели, характеризующие работу преподавателей, студентов и общую учебную деятельность. Каждый из показателей имеет свой весовой коэффициент размером от 1 до 100.

Структура ИАС «Рейтинг университета» является иерархической, поскольку состоит из нескольких уровней (подсистем), причем каждый следующий включает в себя элементы предыдущих уровней. Данные, собранные в процессе формирования рейтинга, хранятся в Единой Информационной Системе ЛГТУ. Информационная модель представлена на рис. 2.

Рассмотрим модель, описывающую рейтинг структурного подразделения (кафедры) ФГБОУ ВО «ЛГТУ»:

$$R_{Kj} = \sum_{m=1}^M \beta_m \left(\sum_{i=1}^{n_{1m}} \alpha_i \frac{x_{ij}}{x_{i\max}} + \sum_{i=n_{1m}+1}^{n_{1m}+n_{2m}} \alpha_i \frac{\frac{x_{ij}}{\text{ШППС}_j}}{\left[\frac{x_{i\max}}{\text{ШППС}_j}\right]_{\max}} + \sum_{i=n_{1m}+n_{2m}+1}^{n_m} \alpha_i \frac{\frac{x_{ij}}{\text{СПР}_j}}{\left[\frac{x_{i\max}}{\text{СПР}_j}\right]_{\max}} \right), \quad (1)$$

а модель, описывающая рейтинг преподавателя имеет вид

$$R_j = \sum_{i=1}^{n_m} \alpha_i \frac{x_{ij}}{x_{i\max}}, \quad (2)$$

где R_{Kj} – рейтинг j -ой кафедры, в баллах;

R_j – рейтинг j -го преподавателя, в баллах;

α_i – весовой коэффициент для i -го показателя результативности;

x_{ij} – значение i -го показателя результативности j -ой кафедры;

$x_{i\max}$ – максимальное значение i -го показателя результативности для кафедр из данной группы;

$\text{ШППС}_j, \text{СПР}_j$ – соответствующий нормирующий делитель j -ой кафедры;

$\left[\frac{x_{i\max}}{\text{ШППС}_j}\right]_{\max}, \left[\frac{x_{i\max}}{\text{СПР}_j}\right]_{\max}$ – максимальное значение отношения i -го показателя к соответствующему нормирующему делителю кафедры в данной группе;

$n_m, n_{1m}, n_{2m}, n_{3m}$ – общее количество показателей результативности m -го направления деятельности кафедры (группы), количество ненормируемых показателей в 1 m -ой группе, количество показателей в 2 m -ой группе с нормирующим делителем ШППС_j , количество показателей в 3 m -ой группе с нормирующим делителем СПР_j соответственно;

M – количество учитываемых в рейтинге направлений работы ($M = 8$);

β_m – коэффициент значимости для m -го направления работы кафедры (устанавливается ежегодно приказом ректора).

Третья глава. Как показано в главе 2, функция, описывающая рейтинг преподавателя или рейтинг кафедры, представляет собой комбинацию нескольких функций, то есть является сложной. Большое количество показателей результативности (80 пунктов) и участников образовательного процесса (около 400 человек) еще более усложняет процедуру анализа. Поэтому в данной главе представлены методы, полученные из ЛАКИ, и направленные на упрощение анализа. В главе приводятся развитие АКИ для исследования функций сложной структуры и второй теоремы о среднем для нахождения

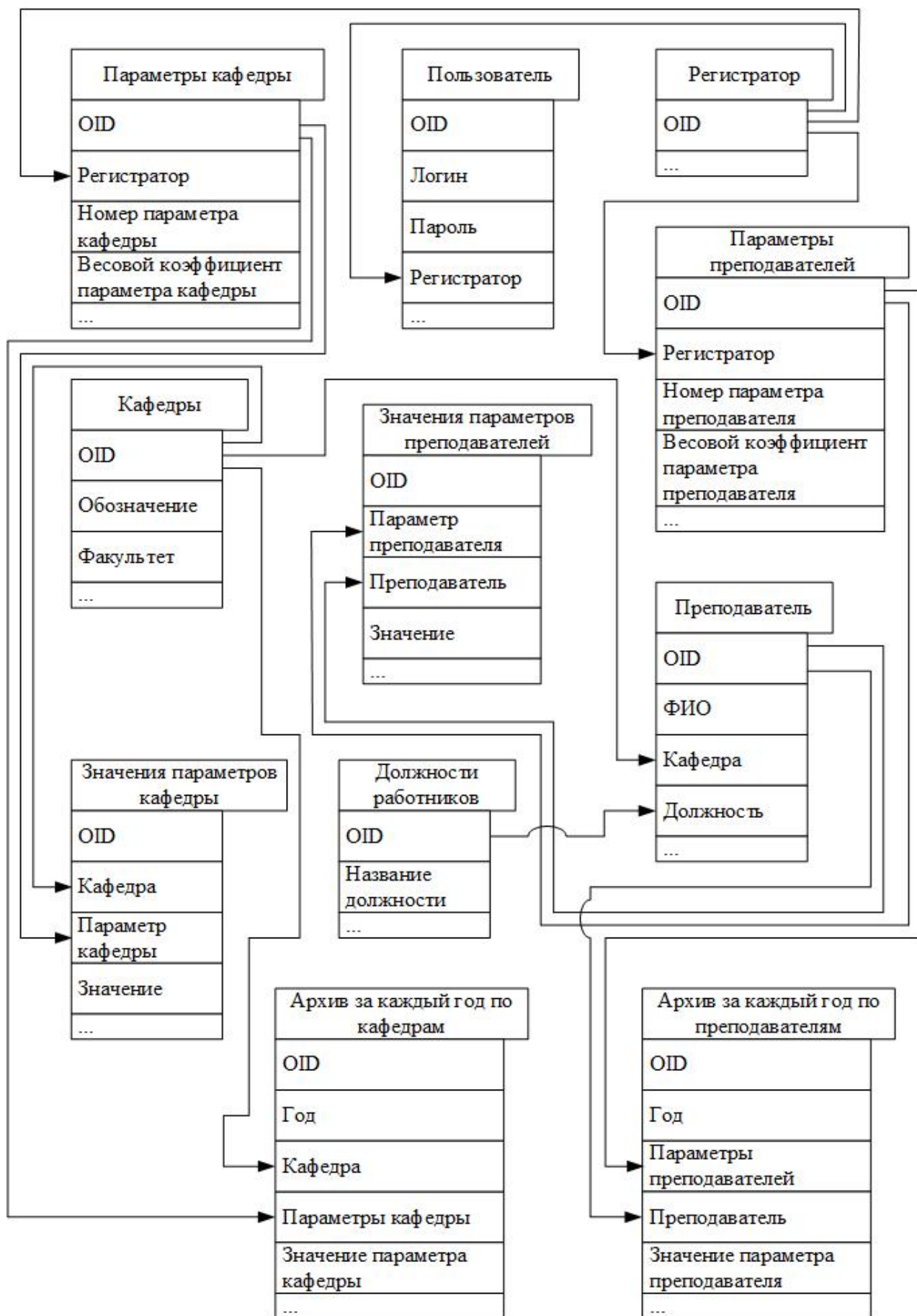


Рис. 2. Информационная модель ИАС «Рейтинг университета»

средней точки, а также решение задач управления с использованием комбинации МОВ и ЛАКИ.

Учитывая необходимость сравнения деятельности ППС за разные отчетные периоды, для анализа моделей (1) и (2) предлагается использовать АКИ, который, как показано в главе 1, позволяет выяснить, как изменение факторов (показателей результативности) влияет на изменение результирующего показателя (рейтинга кафедры или преподавателей). Модели (1) и (2) представляют собой суммы до 24 тысяч дробей, что затрудняет поиск промежуточных точек, лежащих в основе АКИ. Поэтому было предложено включить процедуру свертки в ЦЛАКИ. Алгоритм модифицированного метода ЦЛАКИ представлен в табл. 1.

Таблица 1

Алгоритм метода ЦЛАКИ

Шаг 1	Установить, является ли сложной функция, описывающая функционирование данной системы. Для этого разложить по теореме Лагранжа приращение функции через приращение ее аргументов. В случае, когда найти параметр средней точки не составляет труда, перейти к шагу 3. Если параметр средней точки найти сложно, то перейти к шагу 2
Шаг 2	Используем процедуру свертки исходной функции (рис. 3). Продолжаем процедуру свертки до тех пор, пока нахождение параметра средней точки не становится возможным. Затем переходим к шагу 3
Шаг 3	Проводим анализ конечных изменений: а) находим параметры промежуточных точек по теореме Лагранжа; б) рассчитываем факторные нагрузки и факторные влияния; в) проводим анализ полученных влияний – выявляем наиболее и наименее значимые факторы

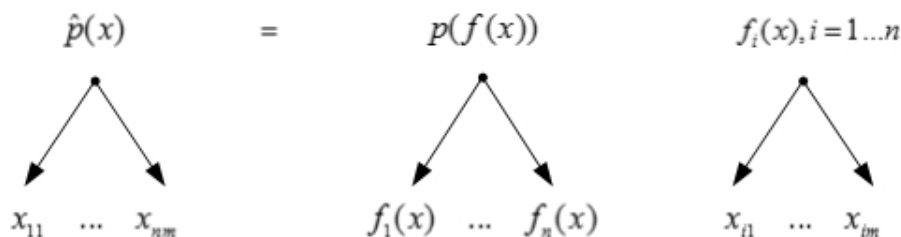


Рис. 3. Процедура свертки функции $\hat{p}(x)$

На рис. 3 представлена процедура свертки функции $\hat{p}(x)$ (в случае анализа эффективности деятельности ППС она представляет собой функцию

расчета рейтинга кафедры, модель (1)), которая в исходном виде зависела от $X_{n \times m} = \{\dots, x_{ij}, \dots\}$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$ факторов (в данной работе это показатели результативности участников образовательного процесса; m – число показателей результативности, n – число участников образовательного процесса). Факторы были сгруппированы в подфункции $f_i(x_i)$, смысл этих подфункций – рейтинг преподавателей, а функция $p = p(f) = p(\dots, f_i, \dots)$ выражает рейтинг кафедры через рейтинги преподавателей. Подобное разбиение справедливо и при анализе показателей эффективности на выявление слабых и сильных сторон деятельности структурного подразделения.

При этом исследования показали, что факторные влияния, найденные с процедурой свертки и без нее, совпадают. Доказательство приведено в тексте работы. Более того, полученный метод подходит для различных иерархических организационных систем, поскольку полученные зависимости позволяют анализировать изменения исследуемой системы в целом в сравнении с изменениями ее элементов, то есть тех процессов, которые получаются в результате разложения системы на простые связи.

Тем не менее, после процедуры свертки необходимо решить систему из n уравнений с m неизвестными, а каждое уравнение представляет собой сумму дробей, где неизвестный параметр промежуточной точки находился и в числителе и в знаменателе. Поэтому было принято решение изучить альтернативные теоремы о среднем. Выбор пал на формулы Бонне и вторую теорему о среднем интегрального исчисления. Их формулировки представлены в главе 1. В интегральном виде две формулы Бонне и вторая теорема о среднем не позволяют найти промежуточную точку, а лишь указывают на ее существование. Рассмотрим модификацию теорем интегрального исчисления, позволяющую отыскать параметр средней точки и ее саму в явном виде для дифференцируемых функций. Эти три формулы относятся к интегралу от произведения двух функций $f(x)g(x)$; требования, предъявляемые к функции $g(x)$, позволяют положить $g(x) \equiv 1$. С учетом этого обобщения с использованием формулы Ньютона-Лейбница и соответствующей подстановки можно получить новые формулы для нахождения параметра промежуточной точки (табл. 2), при этом на f действуют те же ограничения, что и в исходных теоремах. Таким образом, мы получили три способа нахождения параметра средней точки ρ , σ , τ помимо теоремы Лагранжа, что предшествует нахождению факторных влияний, необходимых для анализа изменения функций и их параметров. Важно отметить, что факторные влияния, найденные по трем новым формулам, не отличаются от найденных по теореме Лагранжа.

Теорема Лагранжа в общем случае неконструктивна, поскольку для отыскания значения параметра α в формуле Лагранжа для произвольной функции следует решить относительно α уравнение $f'(a + \alpha \cdot \Delta x) = \Delta y / \Delta x$, в которое α входит под знаком производной, и желательна конкретизация этой функции. В отличие от α параметры ρ , σ , τ входят в формулы (3 –

5) непосредственно, причем линейно, что значительно упрощает их нахождение и дальнейший анализ. В табл. 2 показано, что полученные формулы (6 – 8) применимы как для функций одной переменной, так и для функций нескольких переменных ($A = \{a_1, \dots, a_n\}$, $B = \{b_1, \dots, b_n\}$).

Таблица 2

Формулы параметров промежуточной точки

Подстановка ($a < \xi < b$)	Теорема в дифференциальном виде	Параметр средней точки	Параметр средней точки (для многих переменных)
$\xi = a + \rho \Delta x$	$\Delta y = f'(a) \cdot \rho \cdot \Delta x$ (3)	$\rho = \frac{\Delta y / \Delta x}{f'(a)}$	$\rho = \frac{\Delta y}{\sum_{i=1}^n \frac{\partial f(a_1, \dots, a_n)}{\partial x_i} \Delta x_i}$ (6)
$\xi = a + \sigma \Delta x$	$\Delta y = f'(b)(1 - \sigma)\Delta x$ (4)	$\sigma = 1 - \frac{\Delta y / \Delta x}{f'(b)}$	$\sigma = 1 - \frac{\Delta y}{\sum_{i=1}^n \frac{\partial f(b_1, \dots, b_n)}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i}$ (7)
$\xi = a + \tau \Delta x$	$\Delta y = f'(a)\tau \Delta x +$ $+ f'(b)(1 - \tau)\Delta x$ (5)	$\tau = \frac{\Delta y / \Delta x - f'(b)}{f'(a) - f'(b)}$	$\tau = \frac{\Delta y - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f(b_1, \dots, b_n)}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f(A)}{\partial x_i} - \frac{\partial f(B)}{\partial x_i} \right) \Delta x_i}$ (8)

Для решения задачи планирования деятельности ППС используется МОВ, который, как и АКИ, оперирует приращениями аргументов и функции: в АКИ задаются только $x^{(0)}$ и $x^{(1)}$, $y^{(0)}$ и $y^{(1)}$, а значит и соответствующие изменения, а в МОВ только $x^{(0)}$, $y^{(0)}$ и $y^{(1)}$, то есть соответствующее изменение $\phi(y)$, а ищутся $x^{(1)}$, то есть соответствующие изменения $\phi(x_1), \dots, \phi(x_n)$, после чего проводится АКИ.

Для нахождения приращений аргументов необходимо решить уравнение с n неизвестными, имеющее множество решений:

$$\Phi(\phi(x_1), \dots, \phi(x_n)) = \phi(y), \tag{9}$$

где Φ – функция, связывающая изменения ее значений с изменениями значений аргументов $\phi(x_i)$.

Для конкретизации решений можно использовать связи между неизвестными, например, вида

$$x_i = \sigma_i(x_1, a_i), i = 2, \dots, n, \tag{10}$$

которые включают параметры a_i , характеризующие эти связи; их возможно брать линейными. Таким образом, в табл. 3 представлен алгоритм МОВ в связи с ЛАКИ, представляющий собой метод управления социально-экономическими системами. Здесь k_{x_i} – коэффициенты относительной важности (КОВ) соответствующих факторов. Они показывают, в какой мере мы можем изменять параметры исходной функции.

Таблица 3

Алгоритм метода управления на основе МОВ и АКИ

Шаг 1	Начало МОВ. Сформировать целевую установку – определить направления изменений показателя и факторов
Шаг 2	Зафиксировать $x_1^{(1)}$, выразить через него остальные параметры по формулам – для прямой связи вида $x_i^{(1)} = a_i \cdot x_1^{(1)} + b_i$, $a_i = \frac{k_{x_i}}{k_{x_1}}$, $b_i = x_i^{(0)} - a_i x_1^{(0)}$; – для обратной связи вида $x_i^{(1)} = -a_i \cdot x_1^{(1)} + b_i$, $a_i = \frac{k_{x_i}}{k_{x_1}}$, $b_i = x_i^{(0)} + a_i x_1^{(0)}$
Шаг 3	Подставить $x_i^{(1)}$ в исходную модель, решить относительно $x_1^{(1)}$
Шаг 4	По найденному значению $x_1^{(1)}$ найти $x_i^{(1)}$
Шаг 5	Найти приращения факторов $\phi(x_i) = x_i^{(1)} - x_i^{(0)}$. Конец МОВ
Шаг 6	Начало АКИ. Выразить приращение функции через приращение ее аргументов по одной из теорем о среднем и решить полученное уравнение относительно параметра промежуточной точки
Шаг 7	По найденному параметру найти факторные нагрузки и факторные влияния
Шаг 8	Провести анализ найденных факторных влияний, проинтерпретировать результаты. Конец АКИ

Приведенный метод может быть также применен к исследованию сложных зависимостей, рассмотренных ранее. Комбинирование МОВ и АКИ позволяет усовершенствовать процесс управления за счет обоснования рассчитанных изменений факторов методами АКИ. Кроме того, синтез МОВ и АКИ порождает метод управления организационными системами, ориентированный на повышение эффективности социально-экономических показателей, при этом МОВ выступает как средство поиска изменений факторов для достижения желаемого изменения показателя, а АКИ – как метод оценки влияний найденных изменений.

В четвертой главе рассматривается практическая реализация предложенного средства учета и анализа информации о ППС – ИАС «Рейтинг университета», а также методы управления, применяемые в нашем ОУ ВО на основе результатов ежегодного мониторинга эффективности с помощью рейтинговой системы.

Для повышения конкурентоспособности ОУ ВО на основе ежегодного мониторинга эффективности работы ППС с применением рейтинговой системы и с целью повышения качества работы сотрудников руководство вуза назначает материальное прямое, а также нематериальное (моральное) стимулирование. К прямому материальному стимулированию относится ежегодная премия, выплачиваемая на основе результатов проведения оценки деятельности работников с помощью рейтинговой системы. Премия распределяется из фонда оплаты пропорционально текущему рейтингу преподавателей. Комиссия по рейтингу, назначенная ректором, принимает решение о ежегодном стимулировании сотрудников. Процесс распределения премий по результатам рейтинга представлен на рис. 4.

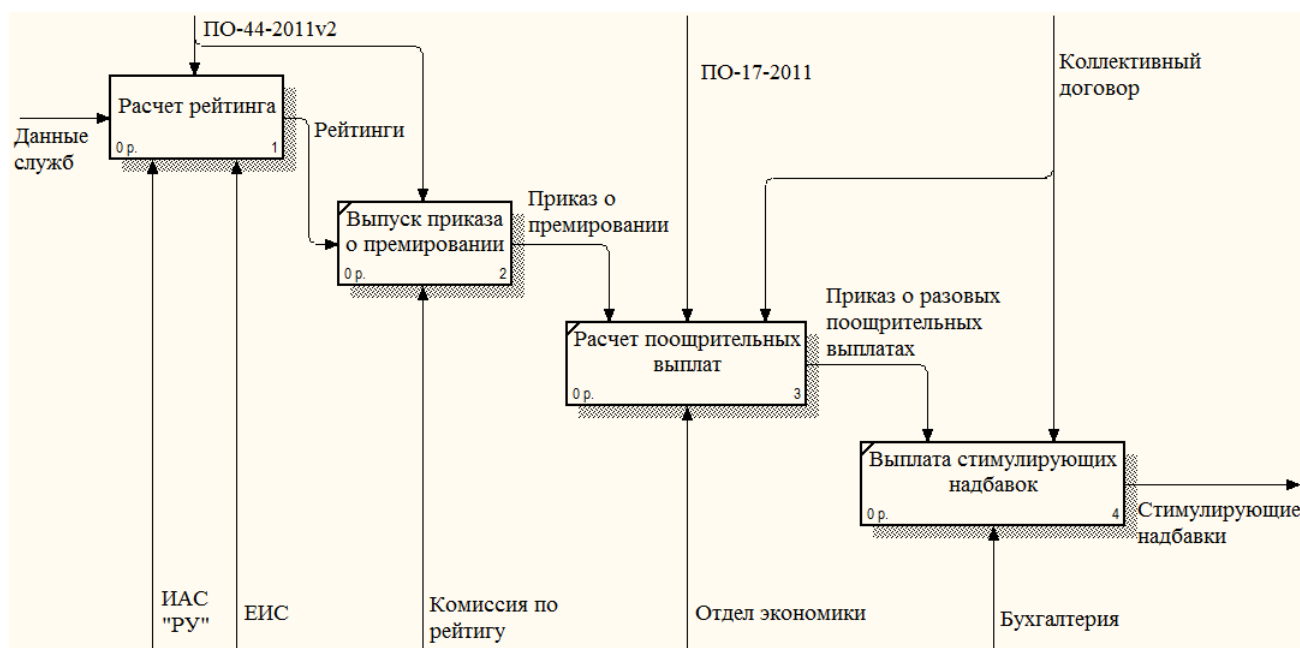


Рис. 4. Процесс распределения премий

Рассмотрим процесс стимулирования сотрудников ОУ ВО на примере распределения разовых поощрительных выплат на основании рейтинга преподавателей 2017 года сотрудникам одного из подразделений. В этом подразделении задействованы 17 преподавателей из 4 категорий, закодируем их как «Асс1», ..., «Проф1». Результаты рейтинга и премирования представлены в табл. 4.

В качестве морального стимулирования по итогам рейтинговой оценки деятельности сотрудников предусмотрено размещение фотографий лучших работников на факультетских досках почета. Кроме того, на официальном

сайте вуза публикуется поздравление для лучших работников, а также по итогам рейтинга отбираются преподаватели, которых привлекают к решению стратегически важных для вуза вопросов. Также по итогам рейтинга руководство вуза принимает решение о продвижении преподавателей по карьерной лестнице.

Таблица 4

Распределение премий по итогам рейтинга

Ф.И.О.	Рейтинг	Премия	Ф.И.О.	Рейтинг	Премия
Асс1	60,4614	10156	Доц4	6,88235	1156
Асс2	0	0	Доц5	89,6108	15052
Асс3	52,5	8819	Доц6	20	3359
Асс4	210	35275	Доц7	48,42	8133
СтПр1	0	0	Доц8	63,855	10726
СтПр2	14,0934	2367	Доц9	22,0323	3701
Доц1	41,8425	7028	Доц10	196,821	33061
Доц2	21,3686	3589	Проф1	302,027	50733
Доц3	75,4934	12681			

Разработанная ИАС позволяет анализировать и сравнивать деятельность сотрудников за различные отчетные периоды. Проанализируем работу ППС этого же подразделения за 2016 и 2017 годы по 69 показателям из 7 групп: 1. Основная образовательная деятельность, 2. Реализация ППО, 3. Реализация программ ДПО, 4. Научная, научно-техническая деятельность и ее результативность, 5. Научно-исследовательская деятельность студентов, 6. Квалификация педагогических работников, 7. Развитие международного сотрудничества [ПО-44-2011].

В качестве плановых значений взяты результаты 2016 года, в качестве фактических – результаты 2017 года. Задача была выяснить, за счет каких показателей и преподавателей положение кафедры в рейтинге снизилось (опустилось на 4 позиции). Потому исследуемая система (кафедра) была проанализирована и с точки зрения деятельности преподавателей, и с точки зрения показателей результативности. Сначала рассмотрим анализ деятельности кафедры, когда в качестве факторов выбраны результаты работы преподавателей, а в качестве отклика – значение рейтинга кафедры.

Результаты применения АКИ приведены в табл. 5. В первом столбце представлены значения факторных нагрузок в общем, затем в % по категориям преподавателей, и в % в общем по подразделению. Результаты анализа позволяют увидеть, кто из сотрудников кафедры в 2017 году работал по показателям результативности менее эффективно, чем в 2016.

Факторные влияния преподавателей

Ф.И.О.	По Лагранжу	По Бонне	В % по категориям	В % в общем
Асс1	-93,202	-93,215	0	0
Асс2	25,81989	25,8176	24,0204	6,1248
Асс3	17,0591	17,0583	15,87019	4,0466
Асс4	64,61249	64,6127	60,10941	15,3268
СтПр1	20	20,03	69,79532	4,7442
СтПр2	8,655216	8,65673	30,20468	2,0531
Доц1	-53,4775	-53,4757	0	0
Доц2	-17,1943	-17,1981	0	0
Доц3	-83,6978	-83,6926	0	0
Доц4	-5,36727	-5,36782	0	0
Доц5	15,63078	15,63123	5,476448	3,7078
Доц6	12,21788	12,21793	4,280695	2,8982
Доц7	24,14739	24,1469	8,460354	5,728
Доц8	-50,4771	-50,478	0	0
Доц9	-18,9345	-18,9356	0	0
Доц10	233,4221	233,4238	81,7825	55,3704
Проф1	-204,101	-204,104	0	0

Затем проанализируем деятельность кафедры в разрезе показателей эффективности, то есть посмотрим, изменение каких показателей приведет к наибольшему изменению рейтинга. На рис. 5 представлены факторные влияния по 69 показателям результативности. По этим данным можно сделать вывод о показателях, которым в 2017 году было уделено меньше внимания, чем в 2016. В качестве рекомендаций можно предложить руководству кафедры перераспределить работу между ППС в соответствии с результатами анализа.

Результаты анализа, представленные на рис. 5, показывают, что кафедра снизила уровень работы по следующим показателям (их факторное влияние красного цвета):

- 2.2.2 – Доля аспирантов кафедры, защитившихся в отчетном году не позднее чем через год после окончания;
- 4.4.5 – Количество статей, изданных в научной периодике, индексируемой в базах Scopus за отчетный год;
- 4.5.5 – Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, баз данных, топологии интегральных микросхем, выданные Роспатентом в отчетном году, кол.;

Рассмотрим пример планирования работы сотрудника кафедры. Организуем работу «Асс1» из предыдущего примера на 2017/2018 год. Для этого сперва выберем среди полученных в предыдущем примере наиболее важные показатели результативности, которые к тому же соответствуют категории выбранного преподавателя – категории ассистентов. В результате были отобраны следующие показатели:

- 1.5.6 – Методические указания и учебные пособия (без грифа УМО, НМС и УМС), изданные за отчетный год, (делится на всех соавторов-работников ЛГТУ), кол.;
- 4.4.3 – Количество цитирований в базе РИНЦ за отчетный год;
- 4.4.5;
- 4.4.6 – Статьи, опубликованные в российских рецензируемых научных журналах за отчетный год, кол.;
- 4.4.7 – Количество статей, изданных в научной периодике, включенной в базу РИНЦ за отчетный год, за исключением статей, указанных в п. 4.4.6;
- 4.5.1 – Количество лицензий (лицензионных договоров) на право использования интеллектуальной собственности, реализованных за последние три года, (делится на всех соавторов-работников ЛГТУ), кол.;
- 4.5.5;
- 6.1.11 – Прохождение повышения квалификации, профессиональной переподготовки или стажировки в отчетном году.

Таблица 6

Факторные влияния преподавателей

Показатель	Результат в 2016/2017	Результат в 2017/2018	Изменение
1.5.6	0	0,2	0,2
4.4.3	3	8,21	5,21
4.4.5	0	0,13	0,13
4.4.6	0	0,39	0,39
4.4.7	1,83	3,74	1,91
4.5.1	0	0,79	0,79
4.5.5	0,5	0,64	0,14
6.1.11	0	0,13	0,13

Рейтинг этого сотрудника на 2017 год составлял 46,2. Требуется повысить рейтинг до 90. В табл. 6 представлены результаты планировании работы. По табл. 6 видно, что наиболее значительный вклад в изменение рейтинга «Асс1» вносят показатели 4.4.3, 4.4.7 и 4.5.1. Именно за счет изменения этих показателей эффективности можно добиться большего изменения рейтинга.

Таким образом, рейтинговую систему можно исследовать и с точки зрения показателей эффективности, то есть рассчитать факторные влияния по показателям результативности преподавателей, выявить наиболее важные, а также спланировать деятельность ППС на будущий отчетный период. На основе синтеза МОВ и АКИ в личных кабинетах преподавателей предполагается в будущем году добавить модуль планирования деятельности работников на будущий отчетный период.

В заключении излагаются основные результаты диссертации.

В приложениях приведены акт внедрения, справка об использовании результатов исследования, свидетельство о регистрации разработанного комплекса программ, а также табличный материал по специфике прикладной области.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Модернизирован метод управления иерархическими организационными системами, такими как ИАС «Рейтинг университета», отличающийся применением цепного лагранжева анализа конечных изменений сложных функций, применимый к скалярным функциям векторных аргументов разной мощности.

2. Разработан алгоритм управления университетом с помощью рейтинговой системы, как средство достижения желаемого уровня эффективности ППС, отличающийся использованием метода обратных вычислений, в качестве инструмента поиска изменений факторов для достижения желаемого изменения показателя, и предваряющего анализ конечных изменений, используемого в роли метода оценки найденных изменений.

3. Получены способы нахождения средней точки и факторных нагрузок на основе формул Бонне и второй теоремы о среднем, отличающиеся возможностью быстрого нахождения параметра средней точки в силу его линейного вхождения в приращение функции.

4. Разработана структура проблемно-ориентированного программного обеспечения информационно-аналитической системы «Рейтинг университета» с применением новых методов, представляющая собой систему учета и анализа, результаты работы которой являются основой для управления деятельностью профессорско-преподавательского состава.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научном журнале, индексируемом реферативной базой данных SCOPUS

1. Analysis of finite fluctuations for solving big data management problems / S.L. Blyumin, G.S. Borovkova, K.V. Serova, A.S. Sysoev. – Text : immediate //

9th Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). – Rostov-on-Don. – 2015. – P. 48-51.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

2. **Borovkova, G.S.** Evaluation of teaching staff activity using methods of analysis of finite fluctuations / S.L. Blyumin, G.S. Borovkova, A.S. Sysoev. – Text : immediate // Chernozem science bulletin. – 2014. – № 3. – P. 40-44.

3. **Боровкова, Г.С.** Применение анализа конечных изменений и метода обратных вычислений в системах управления и поддержки принятия решений. / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Проблемы управления. – 2018. – № 6. – С. 29-34.

4. **Боровкова, Г.С.** Управление образовательной организацией с помощью рейтинговой системы / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Вестник РГРТУ. – 2019. – № 2(67). – С. 55-60.

Свидетельства на программу для ЭВМ

5. **Боровкова, Г.С.** ЛГТУ-премии: расчет премии сотрудникам организации методами лагранжева анализа конечных изменений / Г.С. Боровкова, С.Л. Блюмин. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. М.: ФГБУ ФИПС, 2017. Госрегистрация No 2017663765 от 11.12.2017.

6. **Боровкова, Г.С.** Информационно-аналитическая система «Рейтинг университета» / Г.С. Боровкова, Ю.П. Качановский, А.С. Сысоев, Е.Л. Хабибуллина. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. М.: ФГБУ ФИПС, 2019. Госрегистрация No 2019615106 от 20.05.2019.

Учебные пособия

7. **Боровкова, Г.С.** Основы лагранжева анализа конечных изменений: учеб. пособие / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова, К.В. Серова, А.С. Сысоев. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2016. – 81 с. – Текст : непосредственный.

8. **Боровкова, Г.С.** Анализ конечных изменений в управлении и защита информации / Г.С. Боровкова. – Липецк : Издательство ЛГТУ, 2018. – 80 с. – Текст : непосредственный.

Статьи и материалы конференций

9. **Боровкова, Г.С.** Рейтинговая система Липецкого государственного технического университета / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова, Ю.П. Качановский. – Текст : непосредственный // Современные технологии в науке и образовании (СТНО-2019) : II Междунар. науч.-техн. форум (27 февраля – 1 марта 2019 г., Рязань, Россия). – Рязань : РГРТУ, 2019. – С. 91-96.

10. **Боровкова, Г.С.** Некоторые варианты теоремы о среднем (педагогическая поддержка научно-исследовательской и творческой деятельности обучающихся и педагогов) / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Интеграция методической (научно-метадической) работы системы повышения квалификации кадров : матер. XVIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Москва; Челябинск : ЧИППКРО, 2017. – С.167-170.

11. **Боровкова, Г.С.** Особенности применения различных формулировок теоремы о среднем на примере производственной функции Кобба-Дугласа / Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Современные сложные системы управления : матер. XII Междунар. науч.-практ. конф., 25-27 октября 2017 г., Липецк. – Липецк : ЛГТУ, 2017. – С. 53-57.

12. **Боровкова, Г.С.** Применение метода лагранжева анализа конечных изменений для оценки качества работы преподавателей / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова, А.С. Сысоев. – Текст : непосредственный // Управление качеством образовательного процесса в высшей школе в условиях реформирования: матер. Междунар. науч. конф., 6-7 ноября 2014 г., Владикавказ. – Владикавказ : Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2017. – С. 125-131.

13. **Боровкова, Г.С.** Лагранжев анализ конечных изменений сложных зависимостей / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2016. – С. 6-13.

14. **Боровкова, Г.С.** Применение анализа конечных изменений сложных зависимостей к оценке качества работы ППС / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова, А.С. Сысоев. – Текст : непосредственный // Управление большими системами : матер. XIII Всерос. школы-конф. молодых ученых; под общей редакцией Д.А. Новикова, А.А. Воронина. – 2016. – С. 271-286.

15. **Боровкова, Г.С.** Лагранжев анализ конечных изменений : подход к формированию изменений / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Математическое моделирование процессов и систем : матер. V Всерос. науч.-практ. конф., приуроченной к 110-летию со дня рождения академика А. Н. Тихонова, 17-19 ноября, республика Башкортостан. – Стерлитамак : СФ БашГУ, 2016. – С. 93-97.

16. **Боровкова, Г.С.** Цепной лагранжев анализ конечных изменений в системе менеджмента качества предприятия / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова, А.С. Сысоев. – Текст : непосредственный // Международная научная школа «Парадигма». Лето-2016 : междунар. науч.-практ. конф. (Республика Болгария, 22-26 августа 2016 г.) – 2016. – С. 24-33.

17. **Боровкова, Г.С.** Лагранжев анализ конечных изменений как инструмент управления качеством образования / Г.С. Боровкова, А.С. Сысоев. – Текст : непосредственный // Научные стремления : матер. VI Междунар. науч.-практ. молодеж. конф. – Минск : Энциклопедикс, 2015. – С. 120-124.

18. **Боровкова, Г.С.** Решение задач управления техническими и социально-экономическими системами методами анализа конечных изменений / Г.С. Боровкова, А.С. Сысоев. – Текст : непосредственный // Управление большими системами : матер. XII Всерос. конф. молодых ученых, 7-11 сентября 2015 г., Волгоград. – Москва : ИПУ РАН, 2015. – С. 819-831.

19. **Боровкова, Г.С.** Оценка деятельности профессорско-преподавательского состава методом анализа конечных изменений / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова, А.С. Сысоев. – Текст : непосредственный // Управление большими системами : матер. XI Всерос. конф. молодых ученых, 9-12 сент. 2014 г., Арзамас. т.1. – Москва : ИПУ РАН, 2014. – С. 498-507.

20. **Боровкова, Г.С.** Теорема Лагранжа о конечных приращениях для различных моделей экономического факторного анализа / С.Л. Блюмин, Г.С. Боровкова. – Текст : непосредственный // Молодежь как импульс в техническом прогрессе : матер. Междунар. науч.-исслед. конф. молодых ученых, 20 февраля 2014 г., Оренбург. – Самара ; Оренбург : СамГУПС, 2014. – С.112-115.

Подписано в печать 20.01.2020. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография. Печ. л. 1,5.

Тираж 100 экз. Заказ № 24.

Издательство Липецкого государственного технического университета.

Полиграфическое подразделение Издательства ЛГТУ.

398055, Липецк, ул. Московская, 30.