

*На правах рукописи*



**Кузьминова Алла Владимировна**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ  
КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ, ТЕКУЩЕЙ И ЭКСПЕРТНОЙ  
ИНФОРМАЦИИ**

Специальность:

05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2016

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

**Научный руководитель:** **Гуров Валерий Валентинович**,  
кандидат технических наук, доцент  
ФГАОУ ВПО «Национальный  
исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», доцент кафедры Компьютерные  
системы и технологии, г. Москва

**Официальные  
оппоненты:** **Ромашкова Оксана Николаевна**,  
доктор технических наук, профессор  
ГАОУ ВО города Москвы «Московский  
городской педагогический университет»,  
заведующий кафедрой прикладной  
информатики Института математики,  
информатики и естественных наук, г. Москва;

**Гостин Алексей Михайлович**,  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный  
радиотехнический университет», доцент  
кафедры Системы автоматизированного  
проектирования вычислительных средств, г.  
Рязань.

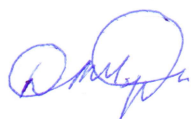
**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Московский технологический  
университет», г. Москва

Защита состоится «27» апреля 2016 г. в 12.00 часов на заседании  
диссертационного совета Д 212.211.02 в ФГБОУ ВО «Рязанский  
государственный радиотехнический университет» по адресу: 390005,  
г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО  
«Рязанский государственный радиотехнический университет» и на сайте  
ФГБОУ ВО «РГРТУ» <http://www.rsreu.ru>.

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. техн. наук, доцент



Перепелкин  
Дмитрий Александрович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Ускоренный информационный рост во всех сферах деятельности общества порождает лавинообразно увеличивающийся поток информации, не позволяющий современному человеку качественно воспринять необходимые данные, обработать, понять, сохранить и создать новые знания. В условиях существующей ситуации демографического и информационного кризиса, для того, чтобы человек нашел свое место в сфере материального и социокультурного производства, особая нагрузка должна быть перенесена на сферу образования. Современные проблемы повышения качества подготовки выпускников учреждения высшего образования (бакалавров, специалистов, магистров) все больше приобретают значимый характер. Это объясняет актуальность и востребованность диссертационного исследования в данном направлении.

В настоящее время вопросам управления качеством образования, построению систем менеджмента качества, уделяется значительное внимание на разных уровнях управления: федеральном, ведомственном, отдельного вуза.

Это подчеркнуто и в Федеральном законе «Об образовании в РФ» и в Федеральной целевой программе развития образования, в которой в качестве одной из приоритетных поставлена задача формирования механизмов оценки качества образования, решение которой требует развития систем оценки качества образования. Отмечается, что для повышения эффективности образовательного процесса необходимо внедрять «системы мониторинга образовательных траекторий студентов». В результате на повестку дня все чаще будет выноситься вопрос об индивидуальной тьютор-навигации обучающегося. При её определении будут учитываться не только особенности специализация студента, но и психологические личностные характеристики. Система образования должна стремиться обеспечивать образовательный процесс в соответствии со способностями человека.

Повысить учет и анализ качества подготовки специалистов возможно, опираясь на установленные требования по оценке образовательных процессов, описанные в национальном стандарте ГОСТ Р 52614.2-2006 «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в сфере образования». Проблемы качества образования решаются в ходе измерения, анализа и улучшения процессов системы образования. Этими процессами могут быть и процессы обучения студентов, и определение качества процесса, и итоговая оценка уровня усвоения материала учебной дисциплины. Для решения этой проблемы требуется создание системы прогнозирования оценки качества подготовки студента.

Существующие на сегодняшний день информационные системы (ИС) применяются в различных областях. Но в тоже время практически не существуют ИС, учитывающие и анализирующие уровни качества подготовки специалистов. Предлагается разработать ИС, в которой используются входные данные, состоящие из двух взаимосвязанных потоков. Это, во-первых, экспертная информация, представленная экзаменационными оценками, полученными сту-

дентом в период обучения. И, во-вторых, характеристики рукописных текстов, созданных обучаемым и отражающие психологические черты его личности. Актуальность диссертационного исследования подтверждается значительным количеством отечественных и зарубежных работ в этом направлении.

**Степень разработанности темы исследования.** Во всех высших учебных заведениях страны ведется работа в области управления качеством образования. Проведенный анализ источников информации показал наличие большого количества научно-исследовательских работ отечественных (Татур Ю.Г., Зимняя И.А., Якунин В.А., Беспалько В.П., Талызина Н.Ф., Селезнева Н.А., Берестнева О.Г., Леонова Н.М., Марухина О.В., Наследов А.Д. и др.) близких по тематике диссертационного исследования. Это показывает актуальность и востребованность диссертационного исследования в данном направлении.

В то же время принятию решений на основе прогноза академической успешности не уделено достаточного внимания. Хотя в ряде трудов (Гальтон Ф., Кеттелл Дж., Бине А., Амтхауэр Р., Спирмен Ч., Терстоун Л., Айзенк Г., Анастази А. и др.) данный вопрос затрагивается, но эти исследования направлены, в основном, на получение результата при тестировании, как будущих студентов, так и обучающихся или поступающих в аспирантуру.

Некоторые российские авторы, стремясь повысить эффективность системы менеджмента качества в вузе, проводят прогноз уровня качества обучения, применяя в моделях разнообразные по характеру предикторы. Проводились прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования объектов системы образования, ориентированные на повышение эффективности управления в сфере образования, в которых в качестве объектов системы рассматривались обучаемые в вузе.

Как показал анализ литературных источников, по параметрам, используемым в диссертационном исследовании, разработки никогда до этого не осуществлялись. Тема исследования, представленная в данной диссертационной работе, находится на стыке разных научных дисциплин, и до сегодняшнего времени ее никто четко не обозначал, что объясняет её слабую разработанность.

**Цель и задачи работы.** Целью диссертационной работы является разработка и применение методов совершенствования управления и механизмов принятия решений в организационных системах высшего образования на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.

Для достижения поставленной цели надо решить следующие задачи.

1. Разработать методы и алгоритмы получения и обработки информации для задач управления процессом принятия решений о прогнозировании уровня качества подготовки специалистов в вузе. Разработать критерии академической успешности по ретроспективной экспертной информации.

2. Разработать модели и алгоритмы прогнозирования оценки качества подготовки специалистов на основе экспертной информации, ретроспективной персональной информации.

3. Разработать и провести анализ математических моделей прогнозирования уровней академической успешности, определяемой как показатель качества подготовки специалистов.

4. Создать информационную систему поддержки принятия решений для прогнозирования оценки качества подготовки специалистов в вузе.

5. Провести экспериментальное исследование разработанных моделей и алгоритмов учета и анализа уровней качества подготовки специалистов с использованием выборки данных при обучении в образовательном учреждении высшего образования.

**Научная новизна** работы состоит в том, что:

1. Разработан алгоритм прогнозирования оценки качества объектов системы высшего образования на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.

2. Разработан алгоритм получения критерия академической успешности, создания показателя академической успешности, на основе ретроспективной экспертной информации.

3. Разработан алгоритм создания текстовых индексов - трансформационных параметров текста; создана база данных параметров текста на основе ретроспективной текстовой информации – БД «Свиток», прошедшая государственную регистрацию в Роспатенте.

4. Разработаны математические модели определения границы между уровнями качества подготовки специалистов, созданные с применением методов регрессионного анализа и максимального правдоподобия, позволяющие прогнозировать оценку качества объектов системы высшего образования на основе ретроспективной и текущей информации.

**Объектом исследования** является образовательный процесс в социально-экономической системе – высшем учебном заведении. **Предметом исследования** являются параметры образовательного процесса, влияющие на повышение эффективности и надежности его функционирования.

**Практическая значимость работы** заключается в следующем:

– созданный показатель академической успешности «среднесеместровый усеченный балл», выбранный из разработанных показателей, позволяет проводить исследования наиболее объективно, что повышает эффективность управления;

– использование разработанных математических моделей определения границы между уровнями качества подготовки специалистов дает возможность эффективно определять такие границы, что позволяет более точно выстраивать траекторию их обучения с учётом особенностей многоступенчатого образования и способствует эффективному и надежному принятию решений.

Практическое использование результатов подтверждено тремя актами о внедрении. Результаты работы внедрены в учебный процесс НИЯУ МИФИ: кафедры «Компьютерные системы и технологии», кафедры «Военная подготовка»; РГРТУ кафедры САПР ВС. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620568 на разработанную БД «Свиток» синтаксических параметров текста.

**Методология и методы исследований.** При выполнении исследований и разработок в диссертационной работе были использованы методы системного анализа; квалиметрической оценки; методы получения и обработки информации для задач управления; методы статистического анализа и обработки данных.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Модель информационной системы поддержки принятия решений в вузе для прогнозирования оценки качества подготовки студентов вуза.
2. Математическая модель, алгоритмы и методика создания информационной системы, прогнозирующей границы между уровнями качества подготовки специалистов, с применением множественной линейной регрессии.
3. Математическая модель, алгоритмы и методика создания информационной системы, позволяющей прогнозировать границы между уровнями качества подготовки специалистов, с применением метода максимального правдоподобия.
4. Результаты экспериментального исследования разработанных математических моделей прогнозирования оценки качества подготовки специалистов на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации студентов НИЯУ МИФИ.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, представленных в диссертационной работе, обеспечивается высоким уровнем совпадений теоретических выводов с результатами экспериментов, а также апробацией на научно-технических конференциях и семинарах и практической реализацией разработанных моделей, методов и алгоритмов.

Основные результаты диссертационного исследования представлены, докладывались и обсуждались

- на ежегодных научных сессиях НИЯУ МИФИ: 2001, 2002, 2003, 2008, 2009, 2011, 2015 гг. (Россия, г. Москва);
- IV и V Международных научных конференциях РАЕ «Современное образование. Проблемы и решения», 2007 г. (Таиланд, г. Паттайя);
- XVII, XVIII и XX Международных научно-технических семинарах «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации», 2008, 2009, 2011 гг. (Украина, г. Алушта);
- XX всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях», 2015 г. (Россия, г. Рязань).

**Публикации.** Основные положения диссертации отражены в 20 печатных работах. Из них 5 работ представлены в периодических научных изданиях, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, и одна публикация – в журнале, входящем в базу цитирования Scopus. Получено одно свидетельство о государственной регистрации базы данных. Три работы опубликованы

ликованы без соавторов. Результаты, изложенные в остальных работах, получены при определяющем личном участии автора.

**Личный вклад.** Все представленные в диссертации экспериментальные данные и результаты исследований получены лично автором.

**Соответствие паспорту специальности.** Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»: п. 6 «Разработка и совершенствование методов получения и обработки информации для задач управления социальными и экономическими системами»; п. 7 «Разработка методов идентификации в организационных системах на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации»; п. 11 «Разработка методов и алгоритмов прогнозирования оценок эффективности, качества и надежности организационных систем».

**Структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Материал изложен на 144 страницах и содержит 44 рисунка, 24 таблицы. Приложение содержит 38 страницы, 5 таблиц, 6 рисунков, копии документов о внедрении результатов работы и оформлено в отдельный том II. Список библиографических записей документов, использованных при работе над темой, содержит 170 наименований отечественной и зарубежной литературы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, рассмотрена степень ее разработанности, определена цель и содержание поставленных задач исследования; установлена научная новизна диссертационной работы; описана теоретическая и практическая значимость работы; рассмотрены методы исследования; представлены основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту, и выявлена степень достоверности и проведенная апробация результатов.

**В первой главе** проведен обзор состояния проблемы прогнозирования оценок качества в организационных системах, рассмотрены модели, методы анализа для построения информационных систем, осуществляющих учет и анализ уровней качества подготовки специалистов. Анализ проводился по результатам работ отечественных и зарубежных экспертов в сфере образования. Выявлено, что при создании моделей прогнозирования уровней успеваемости обучающихся, принадлежности классу «перспективных студентов» или классу «студентов с низким рейтингом» применяют методы регрессионного анализа, нейронных сетей или психодиагностику текстов обучающихся. Входными данными системы определялись разнообразные факторы: признаки почерка, отметки за учебные дисциплины, сведения о семейном доходе, место проживания, профессия родителей, цель обучения, здоровье студента и т.д.

Описан перечень исследовательских задач. Проведен анализ существующих математического обеспечения систем управления и принятия решений в социальных системах. Выявлена наиболее актуальная задача – прогнозирование уровня качества при обучении. Объектом управления в системе высшего образования определен обучающийся, будущий специалист, дипломированный вы-

пускник учебного учреждения. Предложена общая постановка решения задачи прогноза уровней качества подготовки специалистов. Проведено рассмотрение литературных источников, наибольший интерес был вызван информационными системами (ИС) организационных систем управления, при разработке которых роль и влияние эксперта на инженера по знаниям малы за счет использования экспертной информации, накопленной в архивных документах. Поскольку при разработке подобных ИС роль и влияние эксперта на инженера по знаниям малы за счет использования экспертных знаний, накопленных в архивных документах.

По результатам анализа литературных источников предложена схема построения информационной системы управления процессом принятия решений при прогнозировании оценки уровня качества подготовки студента. В диссертационном исследовании входными данными ИС определены данные архивной информации. Из неё выделены два рассматриваемых информационных потока – экспертная информация (результаты экзаменов за все сессии) и параметры рукописных текстов письменных вступительных экзаменов по русскому языку – ретроспективной информации: данных параметров рукописных документов обучаемых. Общая схема ИС прогнозирования оценки качества представлена на рисунке 1.

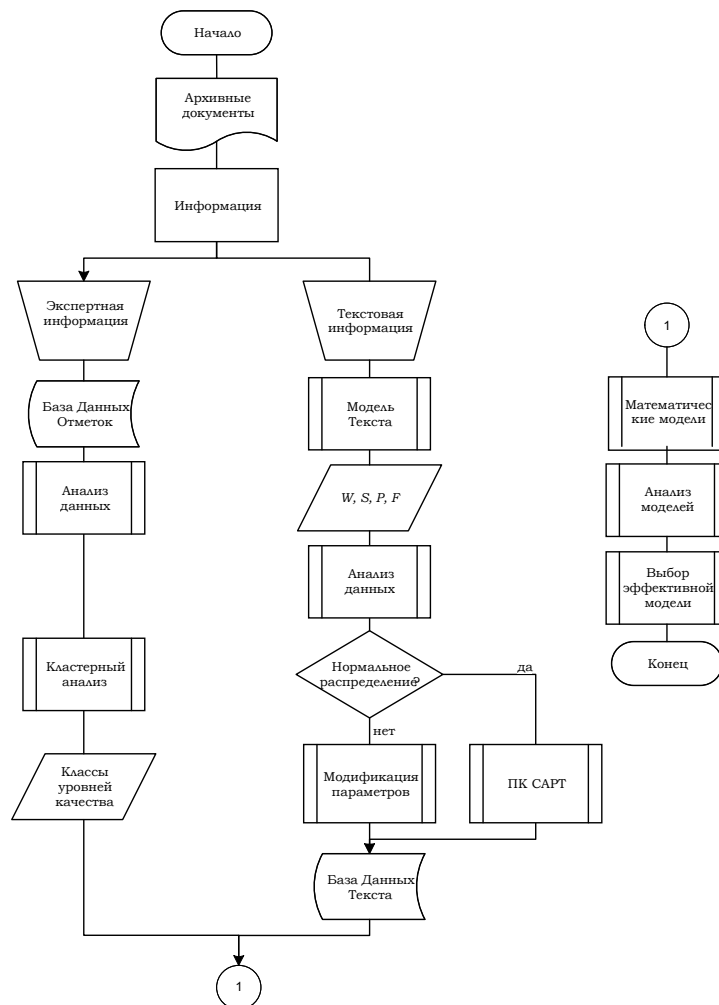


Рисунок 1 – Общая схема ИС прогнозирования оценки качества подготовки студента



**Вторая** глава посвящена описанию разработки математических моделей при создании ИС для задач управления образовательными процессами в вузе.

Рассмотрены количественные показатели определения уровня академической успешности (АкУсп) обучающегося. Показано, что средний балл обучающегося за весь период обучения не может служить объективным показателем оценки успешности овладения им материалом за время обучения и, следовательно, отнесения обучающегося к конкретной категории качества: к числу высоко-, средне-, слабоуспешных или неуспешных студентов. Разработаны 5 показателей академической успешности (ПАУ) и 3 формулы академической успешности (ФАУ) за весь цикл обучения,  $n$  семестров. В результате анализа экспертной информации с использованием ранговой корреляции Спирмена установлен параметр  $B$  – «среднесеместровый усеченный балл».

Разработана модель текста, использующая информационные показатели текста – синтаксические параметры текста.

Для выделенного параметра АкУсп применен кластерный анализ временных рядов баллов за семестровые экзамены студентов-выпускников. Определены параметры кластерного анализа: евклидово расстояние  $R$  в  $n$ -мерном пространстве признаков между точками ПАУ и метод ближайшего соседа. В результате разбиения всего множества точек формируются кластеры элементов, принадлежащие разным категориям качества – уровням качества  $\Omega$ .

Далее, проведя статистический анализ распределения выборки случайных величин базовых параметров текста программного комплекса «Синтаксический анализатор ритмики текста» (ПК САРТ), проверяется гипотеза о нормальности распределения полученной выборки. При непринятии гипотезы проводится модификация параметров. Для этого разрабатываются трансформационные параметры текстов  $\vec{X} = (x, y, z)$ , которые подчиняются нормальному закону распределения. Они являются основой созданной информационной модели текста.

Для отнесения данных к той или иной области качества необходимо построить границу между ними. Поиск границы раздела данных, принадлежащих разным вероятным уровням качества, возможно провести различными методами. В результате поиска классификационных границ для решения задач управления и принятия решений при управлении в системе высшего образования разработаны алгоритмы и математические модели прогнозирования уровней качества подготовки студента. Описано построение двух классификаторов: МГрР – с применением методов регрессионного анализа и МГрВ, основанного на применении методов максимального правдоподобия, метода главных компонент.

В первой классификационной модели, МГрР, в качестве функции регрессии применена функция трех переменных  $f(x, y, z, \vec{A})$  – функция полинома степени  $s$  ( $s \in N$ ), где  $\vec{A} = \{A_{s00}, \dots, A_{001}, A_{000}\}$  – искомые параметры модели, устанавливаемые методом наименьших квадратов. В этом случае множественная регрессионная модель прогнозирования уровней качества элементов системы степени  $s$  имеет вид:

$$Qrgs = f(x, y, z, \vec{A}) = A_{000} + A_{100}x + A_{010}y + A_{001}z + A_{200}x^2 + A_{110}xy + A_{101}xz + \dots + A_{00s}z^s, \quad (1)$$

где  $x, y, z$  – трансформационные параметры текстов;  $sss$  – индексы у параметров модели  $A_{sss}$  соответствуют степеням, в которых находятся сомножители  $x, y, z$ .

В случае второй модели классификации, МГрВ, полученные входные данные системы  $(x, y, z)$  рассмотрены в виде вектора наблюдений (выборки), на основе которой строится функция правдоподобия. Учитывая, что вектор наблюдений состоит из независимых случайных величин, функция правдоподобия обусловлена вкладами отдельных наблюдений, соответствующих разным прогнозируемым уровням качества подготовки обучающихся. Для нормальных выборок двух классов трансформационных параметров текста  $(x, y, z)$  с учетом принадлежности разным уровням качества  $P_1(x, y, z)$  и  $P_2(x, y, z)$  определяются плотности распределений вероятностей. Для первого уровня  $P_1(x, y, z)$  получен следующий вид:

$$P_1(x, y, z) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^3 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3} \times \\ \times \exp\left(-\frac{((x - \bar{x}) \cdot \cos \alpha_1 + (y - \bar{y}) \cdot \cos \beta_1 + (z - \bar{z}) \cdot \cos \gamma_1)^2}{2 \cdot \sigma_1}\right) \times \\ \times \exp\left(-\frac{((x - \bar{x}) \cdot \cos \alpha_2 + (y - \bar{y}) \cdot \cos \beta_2 + (z - \bar{z}) \cdot \cos \gamma_2)^2}{2 \cdot \sigma_2}\right) \times \\ \times \exp\left(-\frac{((x - \bar{x}) \cdot \cos \alpha_3 + (y - \bar{y}) \cdot \cos \beta_3 + (z - \bar{z}) \cdot \cos \gamma_3)^2}{2 \cdot \sigma_3}\right). \quad (2)$$

Аналогично, создано выражение и для второго уровня  $P_2(x, y, z)$ . В выражениях используются разнообразные параметры рассматриваемых выборок:  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  – данные статистического анализа трехмерных эллипсоидов рассеивания значений параметров текста;  $\cos(\alpha_j), \cos(\beta_j), \cos(\gamma_j)$  – направляющие косинусы, данные результата применения метода главных компонент, где  $j=(1, 2, 3)$  – номер компоненты и

$$\cos^2(\alpha_j) + \cos^2(\beta_j) + \cos^2(\gamma_j) = 1,$$

$$\cos(\alpha_k) \times \cos(\alpha_j) + \cos(\beta_k) \times \cos(\beta_j) + \cos(\gamma_k) \times \cos(\gamma_j) = 0, \quad (k \neq j).$$

При определении плотностей вероятностей использованы данные статистического анализа трехмерных эллипсоидов рассеивания и результаты применения метода главных компонент. Граница, разделяющая два эллипсоида рассеивания данных, определена из условия равенства вероятностей на границе. В результате выявлен полином вида:

$$QQ = a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{23}yz + 2a_{13}xz + 2a_{14}x + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44}. \quad (3)$$

При  $QQ = 0$  полином представляет собой уравнение поверхности второго

порядка. Неприведенная форма уравнения поверхности второго порядка классическим образом приводится к каноническому виду. Исходя из анализа типа канонического уравнения и классификации разделяющей поверхности, получается математическая модель прогнозирования уровней качества подготовки специалистов – МГрВ. Проводится анализ разработанных математических моделей. В диссертационной работе канонический вид поверхности 2-го порядка назван границей уровней академической успешности, границей уровней качества.

**Третья глава** содержит описание разработки алгоритмов и методик учета и анализа уровней качества подготовки специалистов с использованием разработанных математических моделей. Построена схема алгоритма нахождения границы между двумя классами АкУсп.

Разработан алгоритм создания информационной модели текста. Описана методика получения трансформационных параметров текста ( $x, y, z$ ). Разработаны алгоритмы построения математических моделей. В общем виде алгоритм построения математических моделей прогнозирования уровней качества подготовки специалистов показан на рисунке 2.

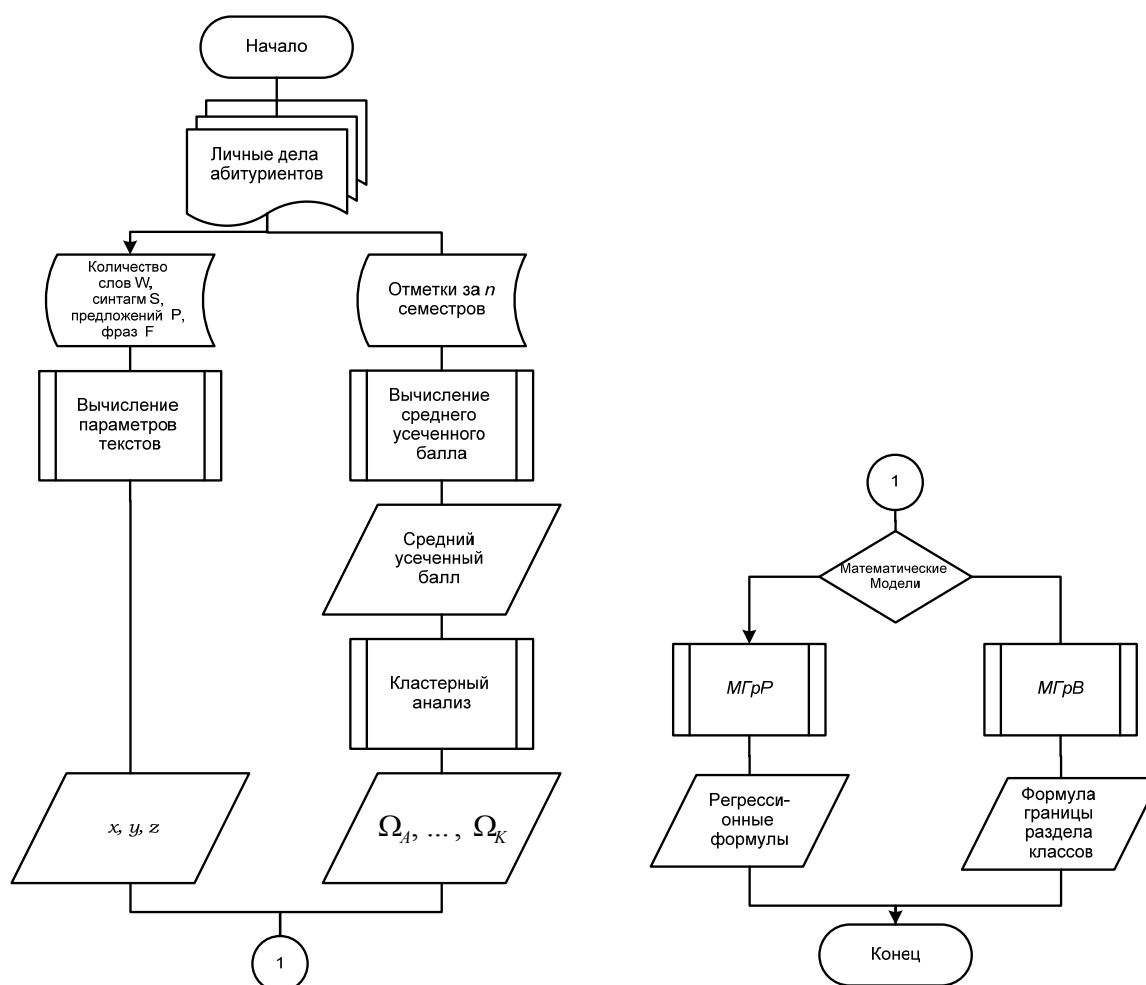


Рисунок 2 – Схема алгоритма построения математических моделей

На рисунке 3 представлена разработанная информационная модель системы учета и анализа уровней качества подготовки специалистов, использующая ретроспективную, текущую и экспертную информацию.

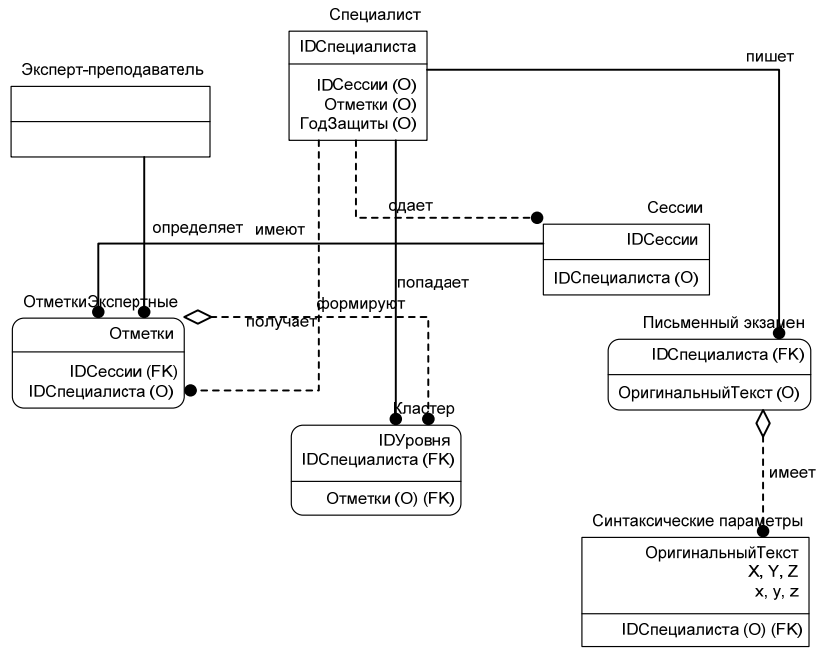


Рисунок 3 – Информационная модель в нотациях IDEF1X

В четвертой главе, на основе разработанных в диссертационном исследовании алгоритмов, моделей и методик для создания информационной системы учета и анализа уровней качества подготовки специалистов предложена функциональная модель ИС. Декомпозиция контекстной диаграммы функциональной модели А0 представлена на рисунке 4.

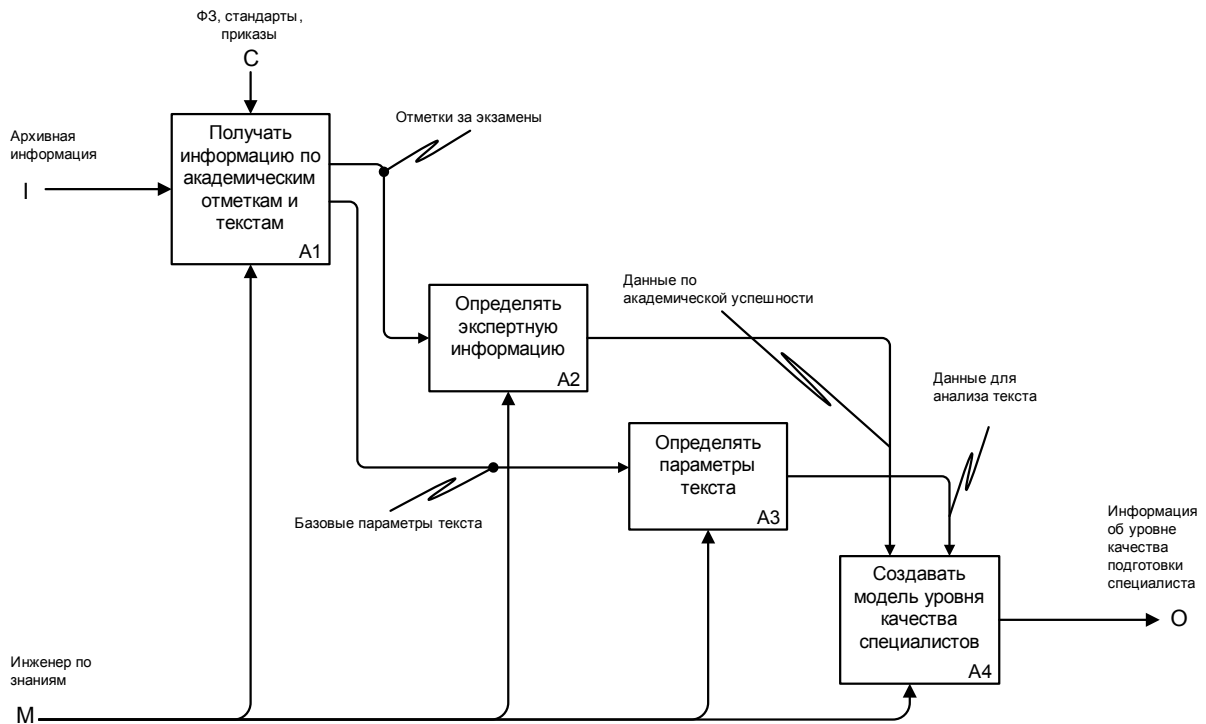


Рисунок 4 – Декомпозиция контекстной диаграммы А0 в нотациях IDEF0

На примере входных данных системы образования обучающихся – студентов НИЯУ МИФИ проведено экспериментальное исследование разработанных моделей и алгоритмов, в котором архивная информация из личных дел

обучающихся выбрана в качестве источника знаний. Проведен анализ извлеченной информации, анализ данных экспертной информации и параметров рукописного текста.

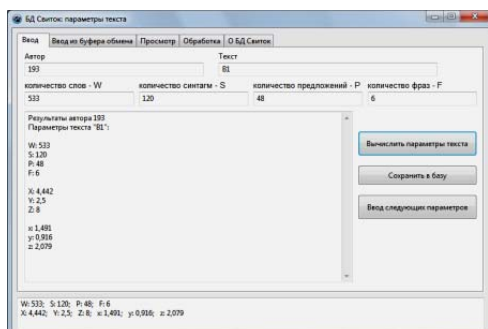


Рисунок 5 – Экранный вид интерфейса пользователя БД «Свиток»

На основе разработанных структурной схемы и модели текста создана база данных «Свиток» синтаксических параметров текста. Описано представление информационных материалов в БД.

Для удобства работы с данными разработан интерфейс пользователя, экранный вид которого представлен на рисунке 5.

Базовые параметры и рассчитанные трансформационные параметры текста занесены в разработанную базу данных текстов.

Проведена реализация моделей классификационных границ уровней качества обучаемых при создании ИС по выделенному параметру экспертной информации  $B$ .

В результате проведенного кластерного анализа выборки выпускников университета из 2,5 тысяч исходных данных экспертной информации, были определены кластеры, относящиеся к различным уровням качества. Дендрограмма кластерного анализа представлена на рисунке 6.

В диссертационной работе предложено высокоуспешным называть такого студента, который по траектории своего обучения ближе к центру тяжести кластера высокоуспешных студентов, чем к центру тяжести кластера слабоуспешных выпускников.

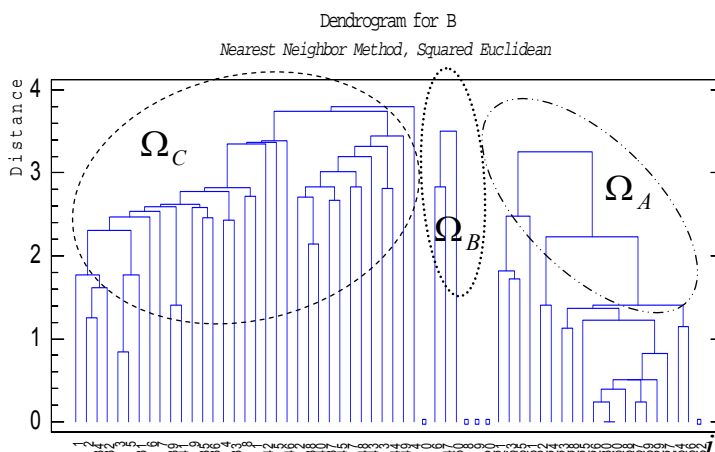


Рисунок 6 – Дендрограмма кластерного анализа выпускников университета

Категории обучающихся определены как «высокоуспешные» (32%) студенты –  $\Omega_A$ , «среднеуспешные» (13%) –  $\Omega_B$  и «слабоуспешные» (55%) –  $\Omega_C$ . Центроиды крупных кластеров обозначены на рисунке 7.

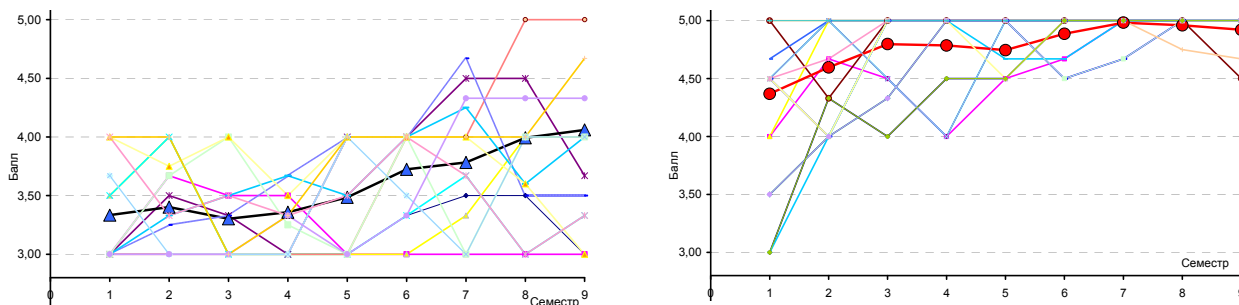


Рисунок 7 – Крупные кластеры (центроиды выделены)

Практический анализ моделей классификационных границ МГрР показал, что наилучшей по критерию «коэффициент детерминации» оказалась регрессионная модель 4-й степени  $Q_{rg4}$ . Анализ разработанных регрессионных моделей показал, что при построении более качественных регрессионных моделей улучшение регрессионных моделей пошаговым методом дает малозначительный результат.

Для регрессионной модели  $Q_{rg2}$  (квадратичного полинома) на основе анализа около 100 регрессионных моделей экспериментально определены пары значений функций ошибок 1-го рода  $O_1$  и 2-го рода  $O_2$ , представленные на рисунке 8. Выявлено, что самой высокой чувствительностью обладает модель  $Q_{E19}$ . А модель  $Q_{E12}$  – это модель, которая хорошо выявляет слабоуспешных обучающихся.

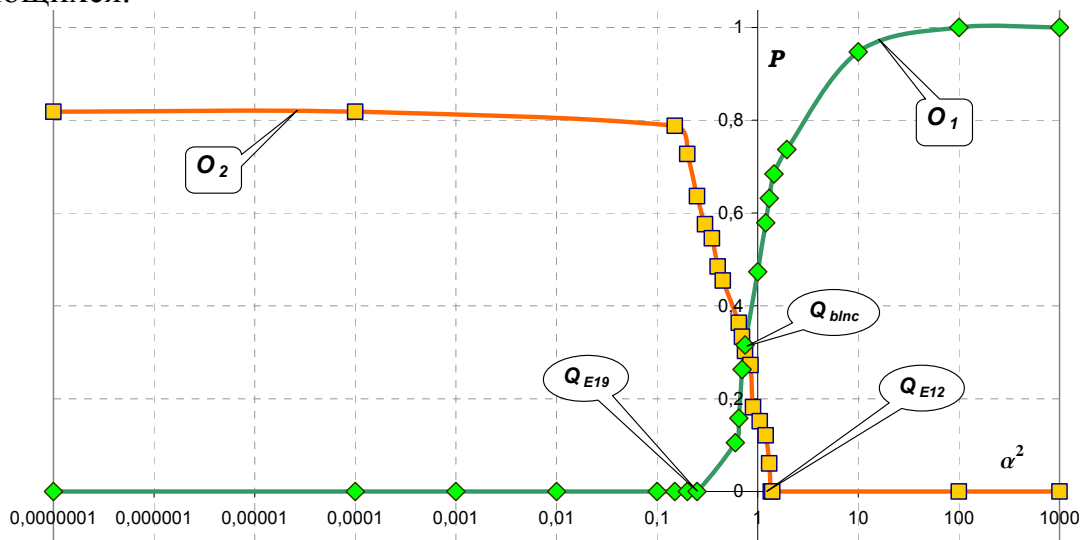


Рисунок 8 – Результат анализа регрессионных моделей

Одновременное равенство вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода ( $P \approx 0,30$ ) наступает в точке пересечения графиков, названной в диссертационной работе точкой баланса:

$$Q_{blnc} = -0,6 + 7,4x - 9,5y - 1,6z - 3,5x^2 + 2,9xy + 0,6xz + 1,8y^2 + 1,3yz - 0,15z^2.$$

Статистическая величина коэффициента детерминации  $R^2$  показала, что в каждой полученной модели результативный признак  $Q_j$  прогнозируется 28,3% исходных объясняющих переменных, что говорит о низком качестве моделей.

На базе использования математической модели с применением метода максимального правдоподобия получена граница раздела двух эллипсоидов рассеяния данных текстов слабоуспешных и высокоуспешных обучающихся:

$$QQ_{3,5} = -37,5x^2 - 8,2y^2 - 0,9z^2 + 26,1xy + 8,5yz + 4,0xz + 79,8x - 34,1y - 11,3z - 32,9.$$

Уравнение приводится к каноническому виду уравнения поверхности второго порядка. Получено, что классификационной границей раздела эллипсоидов рассеивания данных текстов высокоуспешных обучающихся  $\Omega_A$  и слабоуспешных  $\Omega_C$  является однополостный гиперболоид вращения.

Таким образом, был построен классификатор – математическая модель МГрВ, учитывающая уровни качества подготовки специалистов для слабоуспешных обучающихся.

пешных и высокоуспешных выпускников:

$$QQ_{3\backslash5} = 1,61 + F_1^2 - F_2^2 - F_3^2, \quad \begin{cases} F_1 = k_1x + l_1y + m_1z + n_1 \\ F_2 = k_2x + l_2y + m_2z + n_2 \\ F_3 = k_3x + l_3y + m_3z + n_3 \end{cases} \quad (4)$$

где  $F_1, F_2, F_3$  – линейные комбинации трансформационных параметров текстов;  $k_i, l_i, m_i$  (где  $i = 1, 2, 3$ ) – коэффициенты приведения к каноническому виду поверхности второго порядка, которая изображена на рисунке 9.

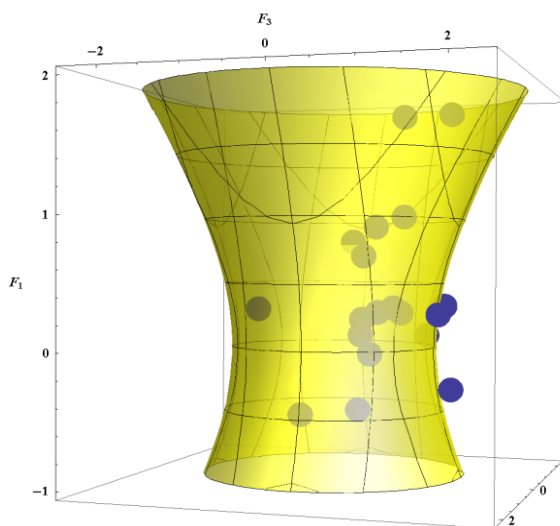


Рисунок 9 - Граница уровней  $\Omega_C \setminus \Omega_A$

Проведена интерпретация выявленных аргументов  $F_1, F_2, F_3$  математической модели  $QQ_{3\backslash5}$ . Было выявлено, что помимо принадлежности различным уровням качества подготовки специалистов  $\Omega_C$  и  $\Omega_A$ , внутри уровня  $\Omega_A$  (высокоуспешных) также существует градация. Выявлены различные высокоуспешные студенты: или положительные высокоуспешные (точки располагаются в положительной внутренней части однополостного гиперboloида), или отрицательные высокоуспешные (точки располагаются в отрицательном внутреннем сегменте гиперboloида).

Проведенный анализ выявил, что этот эффект связан с функцией  $F_1$ , характеристиками её аргументов. Сделан вывод, что превышение в формуле модели  $QQ_{3\backslash5}$  определенного оптимального баланса между «штрафными» факторами ( $F_2$  и  $F_3$ ) и фактором  $F_1$ , характеризующим способ мышления личности, обуславливает нахождение точки данных в конкретной области академической успешности.

Проведена верификация разработанных математических моделей на двух выборках выпускников. По первой выборке проводилось моделирование, по другой – осуществлялось тестирование. Для подтверждения истинности полученных результатов проведены разработки по данным выборки А на основе регрессионной модели и модели с применением метода максимального правдоподобия. На данных выборки Б рассчитана принадлежность к классам высокоуспешных и слабоуспешных специалистов. Анализ результатов верификационных исследований моделей показал, что все разработанные модели успешно прогнозируют принадлежность данных студентов к определенным уровням академической успешности.

**В заключении** подведены итоги и отражены основные результаты и выводы исследований, полученные в диссертационной работе, описаны перспективы дальнейшей разработки темы.

**В приложении** приведены экспериментальные данные и результаты их теоретического и практического исследования, а также копии документов о внедрениях и свидетельства о государственной регистрации базы данных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведены теоретические и прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов в сфере образования. В качестве объекта рассматривалась личность, осваивающая образовательную программу в вузе.

Проанализированы возможные завершающие этапы этого процесса обучения: выпускник-специалист и отчисленный, т.е. неуспешный обучающийся. С целью повышения эффективности функционирования системы образования предложено на ранних этапах обучения проводить прогнозирование оценки качества студентов. Предложено при исследовании связей и закономерностей функционирования и развития объектов системы высшего образования для повышения эффективности управления ими разработать информационную систему на основе входных данных, разделенных на два взаимосвязных потока: экспертная информация, в качестве которой выступают экзаменационные отметки, и данные параметров рукописных документов обучаемых.

В результате исследований:

– Разработаны методы и алгоритмы получения и обработки информации для задач управления процессом принятия решений о прогнозировании уровня качества подготовки обучающихся в вузе. Разработаны критерии академической успешности на основе ретроспективной экспертной информации.

– Разработаны модели и алгоритмы прогнозирования оценки качества подготовки специалистов на основе экспертной информации, ретроспективной персональной информации.

– Разработаны математические модели прогнозирования уровней академической успешности. Их анализ показал, что предложенные модели, использующие метод максимального правдоподобия, обладают лучшими прогностическими показателями, чем регрессионные модели.

– Предложена информационная система поддержки принятия решений для прогнозирования оценки качества подготовки обучающихся в вузе.

– Проведено экспериментальное исследование разработанных моделей и алгоритмов учета и анализа уровней качества подготовки специалистов с использованием выборки данных при обучении в образовательном учреждении высшего образования.

– Проведена верификация моделей, алгоритмов и разработанных моделей прогнозирования оценки качества при обучении в вузе. Анализ результатов всех математических моделей показал, что разработанные модели успешно осуществляют эту функцию.

Разработанная в ходе диссертационного исследования информационная система учета и прогнозирования оценки уровней качества подготовки специалистов, созданные модели, алгоритмы и методики могут быть использованы в практике работы системы высшего образования, в деятельности тьюторов – академических консультантов; в системе переподготовки кадров и в других социальных системах учета и анализа, применяющих при управлении процессов прогнозирования уровней качества обучающихся.



Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждена 3 актами о внедрении и получением свидетельства о государственной регистрации базы данных.

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Статьи в российских рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК России для опубликования основных научных результатов**

1. Кузьминова А.В. Применение методик анализа текста при прогнозировании уровней качества. // Качество. Инновации. Образование. 2013. № 12. С. 27-29.
2. Кузьминова А.В., Гуров В.В. Анализ регрессионных моделей показателей процессов системы, при исследовании которой требуется разделение ее элементов на классы. // Естественные и технические науки. 2012. № 2. С. 318-322.
3. Жигирев Н.Н., Кузьминова А.В. Сравнительный анализ моделей определения вероятностного уровня успеваемости. // Качество. Инновации. Образование. 2010. № 8. С. 18-23.
4. Жигирев Н.Н., Кузьминова А.В. Показатели академической успешности при моделировании её классификации в образовательном процессе технического университета // Качество. Инновации. Образование. 2009. № 9. С. 2-6.
5. Кузьминова А.В. Применение компьютерных технологий обработки информации, полученной в процессе психологического исследования продуктов учебной деятельности: вступительных письменных работ абитуриентов по русскому языку. // Фундаментальные исследования. 2007. № 2. С. 65-66.

#### **Свидетельство о регистрации базы данных**

6. Кузьминова А.В., Карпов А.Ю. База данных «Свиток» синтаксических параметров текста. Свидетельство № 2015620568 о государственной регистрации базы данных. Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». Москва, ФИПС. №4, 2015. URL: <http://www1.fips.ru/Archive/EVM/2015/2015.04.20/Index.htm> (дата обращения: 25.04.2015).

#### **Публикация в журнале, входящем в базу цитирования Scopus**

7. Alla Vladimirovna Kuzminova & Valeriy Valentinovich Gurov. Development of Models and Methods of Data Analysis for Enhancing Efficiency of the Processes of Quality Management Systems. // MAS-CCSE - Modern Applied Science (Canada). Vol. 9, No. 8, 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n3p429>. P. 429-439 (дата обращения: 01.09.2015).

#### **Статьи в других научных и научно-практических изданиях**

8. Кузьминова А.В., Гуров В.В. Использование методов ретроспективной и экспертной информации при наборе студентов в магистратуру. // Сб. науч. трудов XX всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» (НИТ-2015), Рязань, РГРТУ, 2015. С. 16-18.
9. Кузьминова А.В., Гуров В.В. Повышение качества учебного процесса на основе нового подхода к компьютерному тестированию. // Сб. науч. трудов научной сессии НИЯУ МИФИ-2015. Т. 3. М.: Изд-во МИФИ, 2015. С. 54.

10. Кузьминова А.В. Исследование скрытых закономерностей при прогнозировании успешности освоения учебных программ в техническом университете. // Сб. науч. трудов научной сессии НИЯУ МИФИ-2011. Т. 3. М.: Изд-во МИФИ, 2011. С. 42.
11. Кузьминова А.В., Жигирев Н.Н. Анализ прогнозирования категорий академических достижений. // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XX Международного научно-технического семинара г. Алушта. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2011. 360 с.
12. Кузьминова А.В., Жигирев Н.Н. Некоторые варианты разделяющих поверхностей, полученные при использовании модели лучевой проекционной классификации. // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XVIII Международного научно-технического семинара г. Алушта. М.: Изд-во МИРЭА, 2009. № 1. С. 238.
13. Кузьминова А.В., Жигирев Н.Н. Один проективный метод классификации авторских текстов. Сб. науч. трудов научной сессии НИЯУ МИФИ-2009. Т. 3. М.: Изд-во МИФИ, 2009. С. 48.
14. Кузьминова А.В., Жигирев Н.Н. Исследование модели классификации академической успешности методами анализа конкурентных систем. Сб. науч. трудов научной сессии НИЯУ МИФИ-2009. Т. 1. М.: Изд-во МИФИ, 2009. С. 283.
15. Кузьминова А.В., Жигирев Н.Н. Один метод прогнозирования успешной деятельности студентов в техническом университете. // Успехи современного образования. 2008. № 2. С. 62-64.
16. Кузьминова А.В., Жигирев Н.Н. Исследования психолингвистической оценки личности по результатам обучения в техническом университете. // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XVII Международного научно-технического семинара г. Алушта. СПб. ГУАП, 2008. 286 с.
17. Кузьминова А.В. Разработка личностно-ориентированных здоровье- и времясберегающих технологий обучения. // Сб. науч. трудов научной сессии МИФИ-2004. Т.11 М.: Изд-во МИФИ, С.75-78.
18. Кузьминова А.В. Использование технологий оценки личности в учебном процессе. // Сб. науч. трудов научной сессии МИФИ-2003. Т. 11. М.: Изд-во МИФИ, 2003. С. 82-88.
19. Кузьминова А.В., Попов Ю.А. Анализ возможности использования «чутких» (эмоциональных) компьютеров в информационных технологиях. // Сб. науч. трудов научн. сессии МИФИ-2001. Т.12 М.: Изд-во МИФИ, 2001. С. 145-146.
20. Карпов А.Ю., Кузьминова А.В., Завадцев Д.А. Интерфейс «Человек-компьютер», обеспечивающий совместимость на эмоционально-интеллектуальном уровне. // Сб. науч. трудов научной сессии МИФИ-2000. Ч. 11 М.: Изд-во МИФИ, 2000. С. 42-44.

**Кузьминова Алла Владимировна**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ  
КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ, ТЕКУЩЕЙ И ЭКСПЕРТНОЙ  
ИНФОРМАЦИИ**

Специальность:

05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 20.02.2016 г. Печать трафаретная

Усл.п.л. – 1,5 Заказ № 972 Тираж: 100 экз.

Типография «11-й ФОРМАТ» ИНН 7726330900

115230, Москва, Варшавское ш., 36

(499) 788-78-56 [www.autoreferat.ru](http://www.autoreferat.ru)