

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

На правах рукописи

Городович Андрей Викторович

**МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА
ОЦЕНИВАНИЯ
И МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА**

Специальность 05.13.10 Управление в социальных и экономических системах

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
Кручинин В. В.

Томск 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЦЕНИВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КОНТЕНТА..... | 11 |
| 1.1 Электронное образование и роль электронного учебного контента | 11 |
| 1.2 Проблемы оценивания качества и модернизации учебного контента | 16 |
| 1.3 Анализ методов оценки качества электронного учебного контента | 19 |
| 1.3.1 Оценка учебного текста..... | 21 |
| 1.3.2 Оценка иллюстраций в учебном тексте..... | 22 |
| 1.3.3 Оценка учебного аудио и видео | 24 |
| 1.3.4 Оценка вопросов и заданий для самопроверки, промежуточного и итогового контроля знаний | 26 |
| 1.3.5 Оценка организации поиска и навигации, наличия справочной информации в ЭУМКД | 27 |
| 1.3.6 Оценка соответствия ЭУМКД нормативно-правовому обеспечению организации учебного процесса..... | 28 |
| 1.4 Обзор систем принятия решения в области технологий обучения и электронного учебного контента..... | 29 |
| Выводы по главе 1 | 38 |
| 2 МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОЦЕНИВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА | 40 |
| 2.1 Содержательная постановка задачи оценивания и модернизации учебного контента..... | 40 |
| 2.2 Онтологическая модель системы оценивания электронного учебного контента вуза | 41 |
| 2.3 Выявление критериев оценивания качества электронного учебного контента и методика построения системы оценивания | 48 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.4 | Методика построения системы оценивания качества | 52 |
| 2.5 | Алгоритмы построения плана модернизации учебного контента | 55 |
| 2.5.1 | Математическая постановка задачи | 56 |
| 2.5.2 | Алгоритм решения на основе рюкзачной задачи | 61 |
| 2.5.3 | Генетический алгоритм решения задачи | 63 |
| | Выводы по главе 2 | 67 |
| 3 | ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И ОЦЕНИВАНИЯ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА | 68 |
| 3.1 | Требования к программному обеспечению инструментальной системы | 68 |
| 3.2 | Общая структура инструментальной системы | 74 |
| 3.3 | Программная реализация инструментальной системы | 77 |
| | Выводы по главе 3 | 84 |
| 4 | ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ТУСУР | 86 |
| 4.1 | Анализ учебного контента системы электронного обучения ТУСУР | 86 |
| 4.2 | Система оценивания электронных учебно-методических комплексов дисциплин | 98 |
| 4.3 | Методика получения функций затрат на модернизацию учебного контента | 107 |
| 4.4 | Построение плана мероприятий модернизации учебного контента | 121 |
| 4.5.1 | Программная реализация построения плана модернизации | 122 |
| 4.5.2 | Мероприятия для достижения заданных показателей плана модернизации | 128 |
| 4.6 | Сравнительный анализ инструментальных систем оценивания качества учебного контента и его модернизации | 129 |
| 4.7 | Анализ внедрений инструментальной системы оценки качества и построения плана модернизации учебного контента | 132 |

| | |
|---|-----|
| 4.7.1 Анализ затрат на получение плана модернизации учебного контента | 132 |
| 4.7.2 Формирование оценки качества сайта Школы цифровых технологий и использование ее для построения технического задания на его модернизацию | 136 |
| Выводы по главе 4..... | 138 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 139 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ..... | 142 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 143 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ..... | 159 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Внедрение новых информационных технологий в сферу образования существенно изменило облик современного процесса обучения. Ведущие университеты, занимающие высокие позиции в международных рейтингах, активно создают онлайн-курсы, которые позволяют им повысить качество, доступность и престиж образования, сделать образовательные программы привлекательными для студентов в плане совершенствования профессиональных навыков. Нацеленность современного образования на массовое обучение и многократное использование электронных учебно-методических комплексов дисциплины (ЭУМКД) в образовательном процессе, быстрый рост числа онлайн-курсов обуславливает необходимость создания и развития методов, технологий и программных систем оценки качества электронного методического обеспечения и методов планирования его модернизации с целью повышения качества.

Вопросы качества электронного образования в последние годы все чаще оказываются в центре внимания исследователей, образовательных организаций, органов управления образованием разных уровней. На сегодняшний день существует немало исследований по анализу электронного контента различных направлений, в том числе и отечественных. В большинстве из них выделены качественные критерии анализа, которые сложно представить как универсальное средство оценивания текстов, не говоря уже об автоматизации расчета таких критериев.

Имеется целый ряд работ отечественных авторов, посвященных теории оценки трудности понимания и сложности русскоязычных текстов. Практические работы по оценке характеристик текстов представлены И. В. Оборневой, М. Г. Мальковским, Т. Н. Шалкиной и др. Проблему анализа электронного контента рассматривают в своих работах А. А. Андреев, И. Е. Вострокнутов,

Р.В. Маер, И. В. Власюк, Н. Н. Зайцева и др. Работы В. Г. Суховольского, Н. Г. Шилиной, А. В. Ковалева, Н. С. Резниченко посвящены оценке качества тестовых заданий и тестов.

Также имеются работы, посвященные оценке качества графической и справочной учебной информации. Наличие большого числа разнообразных критериев оценки качества учебного текста и разнообразных целей его использования ставит задачу построения инструментальной системы, позволяющей эффективно оценивать качество ЭУМКД, определить их проблемные компоненты, направления и способы модернизации.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сказать, что тема данной диссертации актуальна и направлена на создание инструментальной системы, которая позволит проводить подробный анализ ЭУМКД для оценки качества и определения направлений модернизации.

Объект исследования. Множество электронных учебно-методических комплексов в системе дистанционного обучения.

Предмет исследования. Модели, алгоритмы, база знаний, инструментальная система оценивания и модернизации электронных учебно-методических комплексов системы дистанционного обучения.

Цель. Разработка и исследование инструментальной системы оценки качества и модернизации электронного учебного контента.

Задачи

1. Обзор и оценка современного состояния оценивания качества и модернизации электронного учебного контента.
2. Построение и исследование онтологической модели.
3. Разработка и исследование генетического алгоритма построения плана модернизации электронного учебного контента.
4. Выявление множества критериев оценки качества учебного контента и его анализ.

5. Разработка требований и реализация инструментальной системы оценки качества и модернизации учебного контента.
6. Исследование полученной инструментальной системы, проведение анализа учебного контента факультета дистанционного обучения (ФДО).
7. Получение методики построения системы оценки качества ЭУМКД и внедрение на ФДО ТУСУР, получение множества функций затрат на модернизацию учебного контента и вариантов плана модернизации электронного учебного контента.

Научная новизна

1. Получены оригинальные онтологическая модель и система критериев оценивания качества учебного контента, отличающиеся от известных составом комбинации двух классов критериев: автоматических и экспертных и позволяющие строить план модернизации учебного контента.
2. Предложены математическая постановка задачи модернизации учебного контента и оригинальный алгоритм формирования вариантов плана мероприятий по его модернизации.
3. Разработана новая методика оценивания качества и модернизации электронного учебного контента, основанная на использовании инструментальной системы и базы знаний.
4. Получен оригинальный программный продукт, позволяющий формировать системы оценивания качества и модернизации учебного контента для различных запросов учебной организации с меньшими затратами.

Положения, выносимые на защиту

1. Онтологическая модель оценивания электронного учебного контента и сформированное множество критериев обеспечивают получение базы знаний для формирования системы оценивания и модернизации учебного контента.

2. Генетический алгоритм формирования плана мероприятий по модернизации учебного контента обладает линейной временной сложностью относительно числа оцениваемых параметров и формирует субоптимальный план изменения общего рейтинга списка ЭУМКД при заданном объеме затрат.
3. Разработанная оригинальная методика оценивания качества и модернизации электронного учебного контента позволяет создать инструментальную систему построения процедуры оценивания и модернизации учебного контента.
4. Полученный оригинальный программный продукт позволяет формировать системы оценивания качества и модернизации учебного контента для различных запросов учебной организации и обеспечивает сокращение временных и материальных затрат.

Методы исследования: системный анализ, онтологии, методы прикладной лингвистики, методы оценки качества, методы обработки статистической информации, методы оптимизации, методы объектно-ориентированного и веб-программирования.

Достоверность диссертационного исследования обеспечивается корректным применением математического аппарата теории принятия решений, сравнением полученного генетического алгоритма с известным вариантом алгоритма динамического программирования для решения рюкзачной задачи, использованием вычислительного эксперимента для определения вычислительной сложности алгоритма нахождения плана мероприятий для модернизации учебного контента, положительными результатами использования разработанных моделей и алгоритмов на практике.

Практическая значимость заключается:

1. В использовании инструментальной системы оценивания и модернизации электронного учебного контента образовательной организации, которая обеспечивает научно-обоснованные оценку текущего состояния учебного

контента, формирование направления модернизации этого контента и определение затрат на модернизацию.

2. В обеспечении изменения или развития системы оценивания и модернизации электронного учебного контента путем замены или введения новых критериев оценивания в базу знаний инструментальной системы.
3. В возможности получения исходных данных оценивания в табличном формате Microsoft Excel с целью подключения иных систем обработки экспертной информации.

Внедрение

Разработанные модели, алгоритмы, а также программы ЭВМ внедрены в следующих организациях: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томский государственный педагогический университет, ООО «Бравый страус».

Результаты исследований используются в учебном процессе Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники в виде практических и лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и образовании».

Результаты диссертации использованы в ФГБОУ ВО «Тусур» при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, проект FEWM-2021-0036 «Методическое и инструментальное обеспечение принятия решений в задачах управления социально-экономическими системами и процессами в гетерогенной информационной среде».

Компоненты структуры и модули разработанного программного обеспечения зарегистрированы в Реестре программ для ЭВМ (свидетельства № 2020612380, № 2020618144).

Соответствие результатов диссертационной работы и направлений исследований специальности 05.13.10

П. 3 «Разработка моделей описания и оценок эффективности решения задач 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

Основные результаты диссертации были доложены на международных научных и научно-методических конференциях, в том числе:

1. Современное образование: Качество образования и актуальные проблемы современной высшей школы. Томск, 2019.

2. Международная конференция по новым образовательным технологиям «EdCrunch». Томск, 2019.

3. Современные тенденции развития непрерывного образования: вызовы цифровой экономики. Томск, 2020.

4. Современное образование: Повышение конкурентоспособности университетов. Томск, 2021.

5. Современное образование: Интеграция образования, науки, бизнеса. Томск, 2022.

Личный вклад

Все основные результаты диссертационной работы получены лично автором. Программные продукты созданы либо на основе моделей, методов и алгоритмов автора, либо под его руководством и при непосредственном участии. Работы, выполненные в соавторстве, посвящены постановке задач и конкретизации моделей, методов, алгоритмов для разработки систем оценивания и модернизации электронного учебного контента.

По результатам выполненных исследований было опубликовано 12 научных работ, в том числе 5 работ в изданиях, включенных в перечень ВАК.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЦЕНИВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КОНТЕНТА

1.1 Электронное образование и роль электронного учебного контента

История развития электронного обучения в России берет свое начало в 1990-х гг., когда специалисты в области компьютерных технологий разрабатывали первые программные продукты, позволяющие осуществлять взаимодействие между студентами и преподавателями на расстоянии. Официально дистанционное образование существует в России с 1992 г., когда была принята Концепция создания и развития единой системы дистанционного образования для повышения доступности и качества учебных программ по всей территории страны. После этого в нескольких крупных вузах страны были внедрены первые прототипы систем дистанционного образования (СДО).

Основными темами исследований электронного образования являются: вопросы эффективности и качества различных форм электронного образования в системе образования; распространение электронного образования в образовательных организациях разных уровней; основные факторы, оказывающие влияние на развитие электронного образования; влияние электронного образования на развитие национальных систем образования и др. [1].

Исследователи выделяют четыре этапа в развитии электронного образования в мире:

На первом этапе (1990-е гг.) основной формой электронного образования являлись электронные учебники; развитие электронного обучения характеризовалось большой централизацией.

Второй этап (2000–2004 гг.) связан с появлением систем дистанционного обучения и также носит централизованный характер.

Третий этап (2004–2009 гг.) ознаменован появлением облачных сервисов и характеризуется децентрализацией.

На четвертом этапе (2008–2011 гг.) основной формой электронного образования становятся открытые курсы и развитие электронного обучения носит децентрализованный характер.

Пятый этап связан с появлением и развитием массовых открытых онлайн-курсов [2].

Рассмотрим основные этапы становления и развития электронного обучения в Томском университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

В 1998 г. в ТУСУРе был создан Томский межвузовский центр дистанционного образования (ТМЦДО) [3], который стал основной площадкой развития и внедрения технологий электронного обучения в университете на десятки лет.

Основной технологией обучения на начальном этапе являлась кейс-компьютерная технология. Эта технология включала кейс, содержащий печатные учебные пособия и компакт-диски с программно-методическим обеспечением. Контроль знаний производился с помощью текстовых и компьютерных контрольных работ, экзамены проводились в представительствах, оснащенных компьютерными классами. В ТМЦДО была создана развитая система контроля знаний, которая включала: организацию промежуточного контроля различной формы – выполнение компьютерных контрольных работ, написание письменных работ, рефератов, отчетов, представляемых в электронной форме; проведение компьютерного экзамена в форме тестирования [4].

В 1998–2007 гг. в ТМЦДО была разработана серия компьютерных учебников, позволяющих решить задачи самостоятельного изучения дисциплин. Основными принципами разработки были постоянный контроль действий студента; постепенное усложнение материала; использование генераторов задач и заданий; пошаговое решение задач; использование технологии мультимедиа.

С развитием сети Интернет стало возможным общение преподавателя и студента на расстоянии. Появилась возможность организовывать занятия, семинары и

консультации посредством чатов и форумов. В данной технологии обучения главную роль играет преподаватель, компьютер является вспомогательным средством для доставки сообщений. В этом случае присутствуют отдельные элементы кейс-компьютерной технологии, например мультимедийный или гипертекстовый учебник. Основные педагогические свойства такой формы обучения приведены проф. Г. Кирсли [5], среди них выделяются сотрудничество, связность, отсутствие границ, достоверность, исследовательский характер и др.

Логика развития дистанционных технологий обучения подтолкнула ТМЦДО к внедрению технологий обучения, основанных на использовании Интернета. В тот период основной тенденцией развития систем дистанционного обучения была ориентация на собственные технологические решения. Подтверждением этого является тот факт, что такие вузы, как МЭСИ, НГТУ, ТГУ, создали и развивали свои собственные СДО. Однако исследования, проведенные в 2007 г., показали, что среди всех имеющихся в тот момент систем дистанционного обучения наиболее подходящей оказалась система Moodle (Modular object-oriented dynamic learning environment). Важными критериями, которыми руководствуются специалисты при выборе системы дистанционного обучения, являются: открытый исходный код; поддержка большого количества языков и международных стандартов; международное признание; постоянное обновление; модульная структура. Moodle позволяет интегрировать обучение в сеть, используя веб-технологии. С ее помощью можно эффективно организовать процесс обучения: проведение семинаров, тестов, заполнение электронных журналов, включение в урок различных объектов и ссылок из Интернета и многое другое. Процесс обучения становится не статическим (простое предоставление учебно-методического материала обучающемуся), а динамическим.

С 2010 г. возросло количество проектов организации массового открытого онлайн-обучения. Онлайн-курсы разрабатываются преподавателями престижных университетов со всего мира. Наиболее масштабным проектом является

Coursera [6], где на данный момент зарегистрировано несколько миллионов пользователей. Технология организации таких курсов предполагает минимальную занятость сопровождающих преподавателей. Привлекательность подобных курсов очевидна – неограниченное количество (массовость) студентов в каждом курсе, самостоятельное планирование обучения и индивидуальная траектория, взаимодействие студентов друг с другом, видеолекции и другие материалы от лучших преподавателей мира, круглосуточный доступ к ресурсам и т. д. Характерными чертами массовых открытых онлайн-курсов (МООК) являются интуитивно понятный интерфейс, интерактивность, расписание (с указанием длительности курса и каждого модуля, сроков выполнения заданий, контрольных мероприятий), наличие рейтинга, прогресса освоения материала, дискуссионные форумы.

В ТУСУРе в качестве эксперимента были разработаны два таких курса, по дисциплинам «Высшая математика» и «Информационные технологии». Массовые открытые онлайн-курсы представлены в виде нескольких модулей. Каждый модуль рассчитан на одну неделю и содержит:

- 1) видеолекции (представлены в виде совокупности фрагментов с интерактивными вопросами, предусмотрена навигация по фрагментам);
- 2) самостоятельную работу (представлена несколькими практическими задачами, задачами для самопроверки с видеоописанием решения);
- 3) контрольный тест (предназначен для оценки полученных знаний. Оценивание осуществляется автоматически, без участия преподавателя);
- 4) практическую работу (включает в себя выполнение предложенного творческого задания, а также перекрестное оценивание студентами работ друг друга. Работа состоит из двух этапов (с ограничением по срокам):

- выполнение – студенты выполняют предложенное задание и размещают его для проверки;

- оценивание – каждому студенту предлагается оценить несколько работ других студентов. Рецензирование проводится анонимно, в соответствии с предложенными критериями оценивания. Спорные ситуации по оцениванию разрешает преподаватель.

В курсе используются дополнительные ресурсы:

- текст лекций;
- форумы для обсуждения учебных вопросов и решения задач;
- справочные материалы (презентации, ссылки на дополнительные ресурсы и др.).

Успешное применение экспериментальных онлайн-курсов, основанных на открытых технологиях, позволило разработать и внедрить MOOK «Математическая логика» [7] и «Азбука финансов» [8]. С точки зрения содержания уникальность разработанного MOOK «Азбука финансов» заключается в том, что он содержит авторские методики определения качеств инвестора, планирования финансовых целей, расчет показателей личного бюджета, расчет риска и доходности финансовых активов. Курс содержит большое количество дополнительных материалов по различным темам, что позволяет слушателям углубить знания по исследуемой проблеме. Сложная информация переработана и представлена в виде схем, графических органайзеров, смысловой визуализации. Язык подачи материала прост и доступен. Все это позволяет представлять сложную финансовую информацию в виде простых и понятных материалов, что облегчает процесс восприятия и усвоения информации слушателями разного уровня подготовки (рис. 1.1).

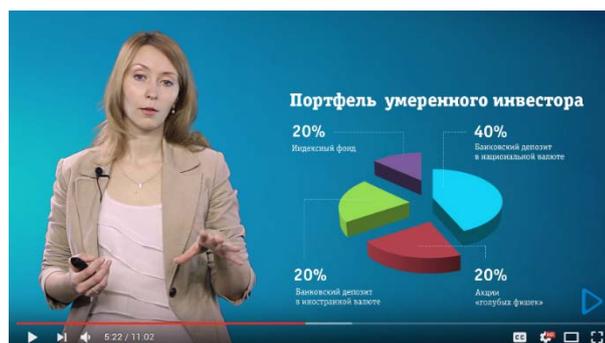


Рис. 1.1 – Фрагмент MOOK «Азбука финансов»

20-летний опыт организации обучения студентов с применением дистанционных технологий в ТУСУРе позволяет сделать вывод, что в современных технологиях обучения возрастает роль программно-методического обеспечения, где главную роль отводят системам дистанционного обучения и электронному контенту [9].

1.2 Проблемы оценивания качества и модернизации учебного контента

Построение системы электронного обучения вуза является комплексной задачей, требующей перестройки нормативно-правового, методического, лингвистического, алгоритмического, информационного, программного, технического и других видов обеспечения.

Структура системы электронного обучения состоит из многих элементов, однако можно выделить две важнейшие компоненты: системная и проблемно-ориентированная. Системная компонента представляет собой иерархию программных систем, в которые входят: операционные системы, www-серверы, серверы баз данных, корпоративные информационные системы, системы управления обучением, системы управления контентом, инструментальные системы.

Проблемно-ориентированная компонента является наполнением системной компоненты и представляет собой разнообразные учебные ресурсы, данные и знания, представленные в электронном виде и необходимые для организации учебного процесса посредством использования системы электронного обучения. Часто проблемно-ориентированная компонента имеет название «электронный учебный (образовательный) контент», структура и виды которого описаны в разнообразных стандартах.

Электронный учебный контент – это содержимое, которое загружается в систему дистанционного обучения, предназначенное для непосредственного восприятия пользователем с целью обучения или ориентации в учебном процессе [10]. Основой электронного учебного контента является электронный курс,

который в свою очередь основан на учебно-методическом комплексе дисциплины (УМКД).

Термин «УМКД» все чаще используется в методической литературе: учебно-методический комплекс – совокупность взаимосвязанных учебно-методических материалов на различных носителях информации по учебной дисциплине конкретного учебного плана специальности (направления), необходимых для организации и осуществления учебного процесса [11].

Развитие учебного контента в системе электронного обучения вуза имеет свою логику. Можно выделить следующие этапы:

1. Получение учебного контента для проведения эксперимента в области электронного обучения.
2. Разработка учебного контента для реализации основных профессиональных образовательных программ (ОПОП) с применением электронного обучения.
3. Перевод реализации всех дисциплин ОПОП на реализацию с применением электронного обучения.
4. Модернизация учебного контента с целью повышения качества обучения.

В настоящее время практически все вузы находятся на третьем этапе развития учебного контента, при котором система электронного обучения уже сформирована и по многим дисциплинам имеются электронные курсы. Статистика, представленная на рисунке 1.2, показывает рост числа компонент электронного учебного контента (ЭУК) на ФДО в ТУСУРе, где в настоящее время имеется свыше 2400 единиц учебно-методических материалов, пособий, электронных курсов и тестов, представленных в электронной форме (рис. 1.2) [12].

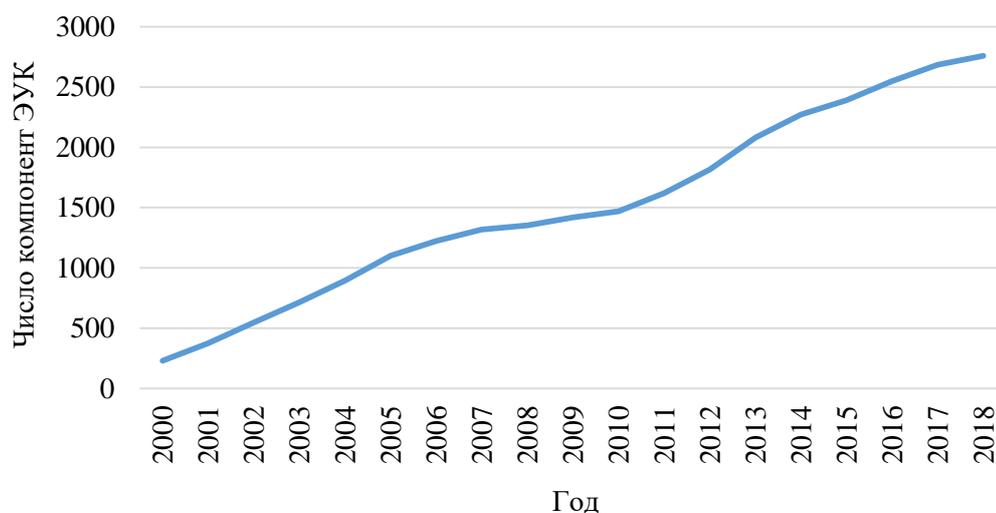


Рис. 1.2 – Рост числа компонент электронного учебного контента

При этом общий объем затрат на создание и модернизацию компонент ЭУК на ФДО за период с 2000 г. по настоящее время оценивается в 200 млн руб.

Стоит отметить, что с численным ростом компонент ЭУК растет и сложность самих компонент. Так, например, виртуальные лабораторные работы реализуют в 3D-формате, электронные курсы для отдельных дисциплин переходят на MOOC-технологии, начинают внедряться технологии адаптивного обучения, требующие построения и наполнения базы знаний. Учитывая эти особенности развития учебного контента, с особым вниманием следует отнестись к задаче оценки его качества. Решение этой задачи, с одной стороны, позволит оценить текущее состояние учебного контента вуза, выявить лучшие компоненты ЭУК и практики их использования, определить проблемные компоненты учебного контента, направления и способы его модернизации. С другой стороны, наличие развитой системы оценки качества учебного контента в ТУСУРе позволит говорить о качестве учебного процесса в сравнении с другими вузами, что может увеличить контингент обучающихся. Форма представления учебного контента также оказывает существенное влияние на качество процесса образования. Хорошие результаты дистанционного обучения могут быть получены, когда учебный контент тщательно продуман, высокоинформативен, понятен, удобочитаем.

1.3 Анализ методов оценки качества электронного учебного контента

В настоящее время системы дистанционного обучения (СДО) вуза являются одним из важнейших элементов системы обучения студентов, в которой содержится большое число разнообразных электронных учебных ресурсов. Так, например, в Томском университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) на факультете дистанционного обучения (ФДО) в настоящее время имеется свыше 2400 единиц учебно-методических материалов, пособий, онлайн-курсов и тестов, представленных в электронной форме [12]. Задача модернизации учебного контента связана с оцениваем его качества, без решения которой невозможно определить направления улучшения учебного контента.

Оценивание качества учебно-методических комплексов дисциплин (УМКД), в том числе и электронных (ЭУМКД), осуществляют учебно-методические подразделения вуза, которые формируют оценки на основе рецензий экспертов и требований нормативно-правовых актов и инструкций. Необходимо отметить, что все ЭУМКД ФДО ТУСУР соответствуют нормативным документам и прошли экспертизу, одним из критериев которой является соответствие принципам и нормам дидактики. Однако наличие большого числа электронных образовательных ресурсов ставит задачу улучшения их качества. В этом случае рецензии позволяют определить направление улучшения лишь частично, поэтому для оценки качества ЭУМКД с целью их модернизации необходимо развитие специальных методов и систем.

Задача оценивания качества учебного контента относится к классу задач квалиметрии [13] и теории принятия решений [14, 15]. Среди большого числа подходов и методов решения этой задачи можно выделить основные классы методов [14]: критериального выбора, функционального выбора, многоатрибутной теории полезности.

Рассмотрим известные системы оценивания для оценки учебного контента.

В работе [16] предлагается иерархическая система показателей качества оценки электронного учебного курса, выделено 18 показателей, разделенных на группы: структурно-целевые, характеризующие качество контента, информационно-методического и организационного обеспечения, контролирующие функции, дизайн-эргономические и технические показатели, сопровождение ЭУК. Все показатели оцениваются на основе экспертного опроса по четырехбалльной шкале [0,3].

В работе [17] предлагается система критериев (рассматривается 27 критериев) для оценки венгерских учебников, имеющая иерархическую структуру. Множество критериев разделены на следующие группы: оценка элементов учебника (текст, иллюстрации, изложение материала, справочная информация), дидактика (передача знаний, повышение мотивации, организация обучения, взаимодействие, индивидуальный подход), дополнительные критерии обучения (степень обучения фактическим знаниям, обучение применению полученных знаний, обучение решению проблем и его анализу, обучение методам обучения, развитие мышления, развитие социальной адаптации).

Большое число публикаций посвящено рассмотрению критериев оценивания качества для учебной книги [18], электронных учебников [19, 20], программных средств образовательного назначения [21], онлайн-курсов [22, 23].

Рассмотренный обзор критериев оценивания учебного контента показывает:

- 1) для оценки его качества используется достаточно большое число критериев (показателей) – от нескольких десятков до сотен;
- 2) многие критерии трудно формализуемые и для получения его значения требуется привлечь экспертов;
- 3) во многих случаях системы критериев существенно отличаются друг от друга.

Рассмотрим теперь критерии оценки качества относительно структурных элементов ЭУМКД. В работе [24] предлагаются следующие базовые структурные элементы:

1. Учебный текст.
2. Иллюстрация.
3. Аудиофайл.
4. Видеофайл.
5. Тестовые вопросы и задания.
6. Организация навигации, поиска и справочной информации.

1.3.1 Оценка учебного текста

Учебный текст является основной формой представления учебной информации в ЭУМКД. Поэтому качество учебного текста имеет первостепенное значение. Для оценки качества учебного текста общепринято использовать экспертные методы оценки. Обычно оценка учебного текста, представленного в учебниках или учебных пособиях, производится ведущими преподавателями соответствующих профилирующих кафедр в форме рецензий.

С другой стороны, учебный текст является предметом исследования таких наук, как лингвистика, психология, дидактика и др. Имеется огромное число направлений и методов анализа текста. Перечислим основные из них [25, 26, 27]: интент-анализ, контент-анализ, фоносемантический анализ, дискурс-анализ, нарративный анализ, экспертная оценка текста, графематический анализ, морфологический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ. На основе представленных методов разработаны программные системы Leximancer, Crawdad, Ethnograph, Stanbol, GATE, Gensim, OpenNLP, WordStat и т. д. [28].

Основные методы data mining для обработки текста: классификация, кластеризация, регрессия, ассоциация, последовательная патернизация, смешанные (основанные на комбинации перечисленных).

Успешное применение контент-анализа для исследования текста учебников физики приведено в работе [29].

Приведенное многообразие методов анализа текста порождает огромное количество разнообразных параметров и критериев оценки текста. Общее число таких параметров и критериев насчитывает несколько сотен [30]. Только для измерения параметра читабельности текста имеется свыше 200 формул [31].

1.3.2 Оценка иллюстраций в учебном тексте

Принцип наглядности, введенный Яном Коменским, является одним из важнейших принципов дидактики. Поэтому иллюстрации в учебном тексте имеют важное значение. И от качества иллюстраций существенно зависит качество обучения, что было доказано в работах [32, 33, 34]. В ГОСТ Р 7.0.3-2006 «СИБИД. Издания. Основные элементы. Термины и определения» дано следующее определение: «иллюстрация – это изображение, поясняющее или дополняющее основной текст, помещенное на страницах и других элементах материальной конструкции издания» [35].

В учебной литературе иллюстрации было предложено разделять на три вида [36]: раскрывающие содержание, т. е. способные заменить основной текст; равнозначные тексту и обслуживающие текст. Первый вид иллюстраций используется в учебных изданиях, когда визуальная информация более содержательна, чем вербальная. Второй вид иллюстраций предполагает, что текст и иллюстрации будут взаимно дополнять друг друга и в то же время каждый будет нести отдельную информационную нагрузку. Иллюстрации третьего вида – издательские иллюстрации, призванные создать положительный эмоциональный фон у читателя.

Создание иллюстраций носит сугубо творческий характер и формализации практически не поддается, поэтому оценку качества иллюстраций предполагается производить на основе экспертной процедуры [37].

Однако качество иллюстраций можно оценить и с технической стороны, в особенности это касается качества изображений. Имеются исследования, посвященные качеству изображений в растровых графических форматах. Например, в работе [38] предлагаются следующие критерии и методы укрупненной оценки качества изображений для растровых графических форматов: оценка яркости изображения, оценка контрастности изображения, оценка преобладающего тона и тоновой насыщенности, оценка резкости изображения.

Важными критериями также являются параметры соотношения иллюстраций и текста. Здесь имеются исследования, позволяющие формализовать процесс получения оценки соотношения иллюстраций в учебном тексте. Так, в работе И. В. Кротовой предлагаются следующие параметры [39]:

- 1) доля наглядности в тексте;
- 2) средний объем одной иллюстрации;
- 3) среднее число иллюстраций, приходящихся на одну страницу;
- 4) максимальный объем иллюстраций;
- 5) минимальный объем иллюстраций;
- 6) разница между максимальным и минимальным объемом иллюстраций;
- 7) цветность иллюстрации;
- 8) доля разных видов наглядности в тексте.

С другой стороны, в книгоиздании имеются рекомендации, определяющие отношение площади иллюстрации к площади набора для книг. Так, для учебных изданий этот процент имеет границу 10–40%, например на формат издания 60x90 1/16 это будет выглядеть примерно так: 5-12 иллюстраций на 1 лист учебного издания [37].

1.3.3 Оценка учебного аудио и видео

Видеолекция – это тип учебного занятия (лекции), предназначенный для передачи обучающимся содержания отдельных вопросов преподаваемой дисциплины с целью формирования знаний либо представлений о них и реализуемый с использованием различных видеотехнологий с трансляцией видеоматериала на экран, мониторы компьютеров либо интерактивную доску [40].

Существует два типа видеолекций: 1) так называемые «живые лекции», их съемка ведется непосредственно во время лекционных занятий, поэтому они стоят дешевле, но могут не отличаться высоким качеством; 2) студийные видеолекции, которые записываются на съемочных площадках и подвергаются видеообработке, что существенно повышает их качество [41, 42].

Имеется огромное число публикаций на тему создания и использования учебного видео. На ФДО ТУСУР видеолекции широко используются. Пример организации видеолекции в электронном курсе представлен на рисунке 1.3.

The screenshot displays an online course interface for TUSUR. The main content area shows a video lecture titled "Лекция" (Lecture). The video content includes a mathematical derivation for the determinant of a 3x3 matrix A :

$$|A| = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$$

The calculation steps shown are:

$$|A| = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 + 1 \cdot (-4) & 5 + 2 \cdot (-4) & 6 + 3 \cdot (-4) \\ 7 + 1 \cdot (-7) & 8 + 2 \cdot (-7) & 9 + 3 \cdot (-7) \end{vmatrix}$$

The video player interface includes a navigation menu on the left with the following items:

- 1. Матрицы. Операции над матрицами. Определители
 - Лекция ✓
 - Самостоятельная работа: действия над матрицами. Вычисление определителя 3-го порядка
 - Практическая работа: умножение матриц. Вычисление определителя 4-го порядка
 - Контрольный тест
- 2. Обратная матрица. Матричные уравнения. Ранг матрицы
- 3. Системы линейных уравнений
- 4. Линейные операторы. Собственные числа и собственные векторы матрицы
- 5. Элементы векторной алгебры

The video player controls at the bottom show a progress bar at 2:04 / 6:58 and a speaker icon for audio control.

Рис. 1.3 – Пример видеолекции в электронном курсе

При создании видеолекций необходимо учитывать несколько основных аспектов [43, 44]:

1. Материал для видеолекции должен быть правильно составлен и отличаться от обычной аудиторной лекции. Он должен быть легок для усвоения студентами.
2. Видеоряд и спецэффекты должны повышать эффективность видеолекций.
3. Обзорные или вводные лекции должны быть прочитаны простым языком, без использования каких-либо сложных формул.
4. Нежелательно затягивать время лекции, следует ограничиться тремя, максимум пятью, минутами.
5. Не стоит использовать фоновую музыку с большим числом низких частот, так как может быть наложение на закадровый голос.

На основе анализа были выделены основные критерии оценки учебного видео:

1. Критерии оценки технической составляющей видео (качество и формат записи, дискретность, размер файла, наличие помех и пр.).
2. Критерии оценки дидактики видео:
 - 1) тип;
 - 2) длительность;
 - 3) наличие сценария (виды сцен);
 - 4) сложность (простые или интерактивные);
 - 5) использование интерактивного текста (бегущая строка).

Аналогичные критерии можно предложить и для аудиофайлов.

1.3.4 Оценка вопросов и заданий для самопроверки, промежуточного и итогового контроля знаний

Важным элементом ЭУМКД является фонд оценочных средств, который состоит из банков вопросов и заданий самопроверки, промежуточного и итогового контроля знаний.

Как предложено в работе [45], при оценке качества тестов следует проанализировать несколько аспектов, обеспечивающих создание надежного и сбалансированного инструмента оценки знаний:

1. Необходимо проанализировать содержание тестовых заданий с позиции равного охвата в тесте разных модулей электронного курса.
2. Тест не должен быть нагружен второстепенными терминами и несущественными деталями.
3. Задания теста должны быть сформулированы четко, кратко и недвусмысленно, чтобы все обучающиеся могли понять смысл того, что от них требуется.
4. Ни одно из заданий теста не должно служить подсказкой для ответа на другое задание.
5. Варианты ответов на каждое задание должны быть подобраны таким образом, чтобы исключались возможности простой догадки или отбрасывания заведомо неподходящего ответа.
6. Варианты ответов также следует формулировать кратко и однозначно.
7. Исключить простые ответы типа «да, нет», «верно, неверно».
8. Тестовые задачи не должны быть слишком громоздкими или слишком простыми.
9. Вариантов ответов на задачу должно быть, по возможности, не менее четырех.

Согласно работам [11, 46], банки вопросов и заданий для самопроверки должны отвечать следующим критериям:

1. Объем банка вопросов и заданий.
2. Классификация по шкале сложности вопросов и заданий.
3. Процент выполнимости для получения заданной оценки.
4. Поддержка решения задания.
5. Оценка текста вопросов и заданий.

Для оценки тестовых заданий и вопросов для промежуточного и итогового контроля знаний предложены следующие критерии:

1. Возможность генерации вопросов.
2. Использование технологий тестирования (простое тестирование, адаптивное тестирование и др.).
3. Наличие кодификатора.
4. Степень распределения вопросов по темам и разделам курса.
5. Анализ текста заданий и вопросов.

1.3.5 Оценка организации поиска и навигации, наличия справочной информации в ЭУМКД

Для оценки организации поиска и навигации в ЭУМКД необходимо иметь некоторый аппарат, который основан на применении разнообразных указателей.

Перечислим основные из них:

1. Глоссарий.
2. Предметный указатель.
3. Именной указатель.
4. Географический указатель.
5. Хронологический указатель.
6. Список иллюстраций.
7. Список таблиц.
8. Список сокращений.

9. Среда ссылок на разделы, страницы, таблицы, рисунки (иллюстрации), формулы, литературу.

Здесь критериями могут выступать наличие, полнота и объем соответствующего указателя.

1.3.6 Оценка соответствия ЭУМКД нормативно-правовому обеспечению организации учебного процесса

Оценка соответствия ЭУМКД нормативно-правовому обеспечению организации учебного процесса производится на основе экспертного опроса и должна соответствовать инструкциям стандартной экспертизы учебно-методического обеспечения [47, 48, 49].

Для каждого элемента ЭУМКД формируется анкета для опроса эксперта. Экспертное оценивание заключается в проведении группой компетентных специалистов измерения некоторых характеристик для подготовки принятия решения. Здесь в качестве измерительных приборов выступают люди и представительность получаемых оценок обеспечивается их компетентностью в данной предметной области.

Предлагаются следующие критерии для учебного пособия / курса лекций:

1. Степень соответствия объема пособия общей трудоемкости дисциплины.
2. Степень соответствия содержания пособия целям дисциплины.
3. Степень соответствия содержания пособия задачам дисциплины.
4. Степень соответствия содержания пособия указанным компетенциям.
5. Степень соответствия содержания пособия знаниям, умениям и навыкам (индикаторам достижения компетенций).
6. Степень соответствия названия глав пособия названиям разделов дисциплины.

7. Степень соответствия объема глав пособия часам, отведенным на их изучение.

Таким образом, при всем многообразии существующих методов и критериев оценивания качества компонентов электронного контента, комплексного решения не существует.

1.4 Обзор систем принятия решения в области технологий обучения и электронного учебного контента

Рассмотрим программные продукты для оценивания качества и модернизации учебного контента. Программные продукты по контент-анализу учебного текста можно разделить на две основные категории [25]:

- 1) программы, позволяющие анализировать тексты;
- 2) многокритериальные системы.

Первая категория более адаптирована для пользователей, не имеющих особых навыков в разработке и программировании ПО. Реализованы такие анализаторы в виде веб-сайтов с интуитивно понятным интерфейсом и в большинстве случаев подробным описанием каждого из рассчитываемых критериев. Но простота их реализации иногда является минусом таких продуктов, так как в качестве анализируемых параметров чаще выбираются те, на подсчет которых требуется меньше ресурсов и времени. С таким подходом можно упустить полезные и значимые критерии.

Вторая группа – это многокритериальные инструментальные системы для комплексного анализа.

Обозревая существующие программные продукты и информационные системы, отметим следующие:

1. *Свирь* [50, 51] – инструментальная система выбора и ранжирования, которая предназначена для решения задач многокритериального выбора.

К типовым задачам принятия решений по многим критериям на конечном множестве альтернатив (объектов) относятся:

- выделение предпочтительных альтернатив из исходного списка объектов – *задачи отбора*;
- отнесение объекта к одному из упорядоченных по качеству классов – *задачи многокритериальной классификации*;
- упорядочение объектов по многокритериальным оценкам – *задачи ранжирования*;
- определение приоритетов объектов на основе парных сравнений – *задачи вычисления приоритетов*;
- выбор наилучшего (среднего, наихудшего) объекта – *задачи выбора*.

В этой системе предложено три редакции: рейтинговая, универсальная и учебная.

Рейтинговая версия системы специализирована на решение рейтинговых задач многокритериальной оптимизации с применением аддитивной функции, обобщающей значения целевых критериев.

Универсальная версия ориентирована на решение разнообразных управленческих задач методами многокритериальной оптимизации и классификации.

Учебная версия, охватывающая основные методы многокритериальной оптимизации и классификации на конечном множестве объектов, предназначена для выполнения лабораторных работ по курсу «Теория принятия решений». В виду ограниченной сложности учебных задач учебная редакция имеет ограничения по числу используемых объектов и признаков (не более 20).

Базовые функции системы:

- создание и редактирование модели оценивания;
- ввод данных из пакета MS Excel;
- вычисление критериев на основе исходных показателей;
- анализ взаимосвязи критериев;

- задание значимости критериев в таблицах и иерархии;
- формулирование и решение задачи многокритериальной оптимизации;
- представление результатов с использованием когнитивной графики;
- анализ результатов;
- вывод и редактирование результатов в MS Excel и MS Word;
- сохранение модели и настроек задачи оценивания.

Система «Свирь» является универсальным программным инструментом для аналитиков и специалистов информационно-аналитических служб в различных предметных областях (от управления персоналом до маркетинга и стратегического планирования).

К *плюсам* системы можно отнести решение реальных задач высокой размерности (максимальное число объектов и признаков измеряется сотнями), возможность объединения признаков по группам (при числе признаков 7 ± 2), вычисление важности критериев на основе матрицы парных сравнений по предпочтениям экспертов, возможность взаимодействия с другими системами для обмена данными и их обработки, возможность импорта данных из реляционных СУБД и книг MS Excel, экспорт данных в MS Word и генерация отчетов MS Excel, визуальное отображение результатов (единая цветовая шкала качества с возможностью её настройки и сохранения, графики распределения объектов по критерию и общей оценке).

К *минусам* данной системы можно отнести отсутствие веб-версии (работает в ОС MS Windows NT4/2000/XP), экспертной оценки (невозможно произвести качественную оценку), возможности построить план мероприятий по усовершенствованию объектов оценивания; сложность работы с системой (большое количество настроек, что требует продолжительного времени освоения системы), устаревший интерфейс.

2. АИС «МАИ» [52] – автоматизированная информационная система принятия решений методом анализа иерархий, которая позволяет провести комплексную оценку качества электронных образовательных изданий (ЭОИ). Осуществляется экспертиза технических, педагогических, психолого-педагогических и эргономических аспектов создания и эксплуатации ЭОИ.

В ходе подготовительной работы могут создаваться специальные шаблоны, которые представляют собой набор критериев, объединенных в группы. Каждому критерию (или группе критериев) может быть сопоставлен весовой коэффициент, характеризующий его (ее) важность. Весовые коэффициенты могут определяться экспертным путем по методу анализа иерархий.

На основном этапе работы каждому эксперту соответствующей предметной области предлагается оценить качество ЭОИ по группе критериев, соответствующей виду экспертизы. По каждому критерию эксперт выставляет оценку в диапазоне от 0 (критерий отсутствует в ЭОИ) до 5 (ЭОИ полностью удовлетворяет требованиям критерия). Итоговое заключение по качеству ЭОИ основывается на результатах всех указанных экспертиз.

АИС оценки качества ЭОИ реализована в виде веб-приложения, работающего в трехзвенной архитектуре по локальной сети или сети Интернет по протоколу TCP/IP. В качестве инструмента для разработки использован интерпретатор Perl 5.10, веб-сервер Apache 2.2, СУБД MySQL 5.1.

Преимущества системы являются комплексная оценка ЭОИ с привлечением экспертов из разных предметных областей; критерии могут быть объединены в наборы и использоваться в качестве шаблонов, каждому критерию (или группе критериев) может быть присвоен весовой коэффициент; возможность выбора и добавления новой шкалы для проведения попарных сравнений; анализ характеристик согласованности суждений экспертов, реализация АИС в виде веб-

приложения (позволяет работать с системой любому зарегистрированному пользователю, имеющему доступ к Интернету), результаты работы системы (иерархии, оценки экспертов, полученные результаты) сохраняются в базе данных.

К недостаткам системы можно отнести отсутствие количественной оценки ЭОИ, осуществляемой системой автоматически без привлечения экспертов, невозможность сформировать план улучшения ЭОИ.

3. *LightReader* [53, 54] – программа, предназначенная для автоматизации оценки качества восприятия учебных текстов на основе вычисления количественных характеристик текста: среднее число слов в предложении, среднее число слогов в слове, число многосложных слов и др.

Программа позволяет анализировать текст на русском и/или английском языке.

Программа включает в себя два модуля:

- STATISTIC – вычисление статистических характеристик текста и оценка уровня сложности его восприятия;
- ANALIS – анализ текста в соответствии с заданными критериями возраста учащихся и выделение фрагментов, в которых количественные характеристики превосходят рекомендуемые показатели.

Выходные данные представляют собой таблицу значений статистических характеристик текста и оценку уровня трудности восприятия текста в соответствии с формулой Флеша. Результаты могут быть записаны в конец документа в виде таблицы или строки и сохраняются в отдельном текстовом файле `stat_text.txt`. Программа может анализировать как текст в целом, так и отдельные выделенные фрагменты текста.

Методика использования программы предполагает два режима работы.

Режим эксперта: проведение экспертизы учебных изданий на соответствие сложности текста возрастным особенностям учащихся, накопление статисти-

ческих характеристик по нескольким изданиям в отдельном файле с целью дальнейшего их анализа и составления отчётов. Данный режим могут использовать все категории пользователей, которым необходимо оценить сложность текстов учебных изданий, в том числе обычных бумажных учебников, а также электронных изданий и текстов, публикуемых на сайтах.

Режим разработчика учебно-методических материалов: сбор статистических характеристик сложности текста и его анализ с целью дальнейшей корректировки для уменьшения сложности.

Программа LightReader написана в виде макроса в приложении Microsoft Office Word на языке VBA для объектов Word.Application.

Программа LightReader может использоваться в режиме исследования учебных текстов, например, с целью экспертизы учебных материалов. В этом режиме статистика количественных показателей текстов накапливается в текстовом файле и может быть в дальнейшем перенесена в электронные таблицы, например MS Excel, для сравнительного анализа характеристик текстов.

Программа хорошо зарекомендовала себя при обработке больших массивов текстовой информации, это литературные произведения объёмом от 10 до 600 страниц. Время оценки текста – от нескольких секунд до трёх минут. Зависимость времени обработки текста от числа страниц носит линейный характер.

Плюсы рассмотренной программы: легкость освоения интерфейса (до получаса), возможность работы с программой непосредственно автору учебно-методических материалов, выделение фрагментов, в которых количественные характеристики превосходят рекомендуемые показатели; возможность сохранения результатов в отдельном текстовом файле, дизайн программы выполнен в классическом стиле Windows-приложений.

Минусы программы: отсутствие веб-версии (работает в ОС MS Windows 2000/XP), отсутствие экспертной оценки (анализ только по количественным показателям), не позволяет построить план модернизации учебно-методических материалов.

4. *Система оценки учебных материалов* [55, 56]. Результаты работы этой системы могут быть использованы в качестве оценочных материалов и помочь заинтересованным сторонам (стейкхолдерам) в сфере образования в разработке политики по улучшению эффективности учебного процесса.

Система оценки базируется на двух методах [57]:

- *DEMATEL* (DEcision-Making Trial and Evaluation Laboratory) служит для анализа причинно-следственных взаимосвязей между критериями, может количественно представлять критерии и рассматривать связанные структурные модели;
- *ANP* (Analytic Network Process) основан на методе *AHP* (Analytic Hierarchy Process), используется для расчета весов каждого из критериев и поиска оптимального решения, основанного на наиболее важных критериях и альтернативах (с учетом структуры сети в критериях и альтернативах).

Таким образом, система может ранжировать используемые критерии и подкритерии, а с помощью весов, полученных по методу ANP, могут быть получены результаты оценки учебных материалов.

Содержание материалов, соответствие компетенциям, формат презентаций и персонализация рассматриваются как важнейшие критерии, которые необходимо учитывать в работе методики. Данная система оценивает учебные материалы, чтобы предоставить студентам подходящие учебные материалы на основе «правильных» факторов или критериев.

Преимущества системы: исключение предвзятости при принятии решений, возможность анализировать причинно-следственные связи между критериями,

критерии могут быть как взаимозависимы, так и независимы, по завершении работы формируется отчет со всеми этапами работы (экспорт в MS Word или Excel), отсутствие ограничений на количество критериев и количество экспертов.

Недостатки системы: процесс оценивания занимает продолжительное время, сложность в расчетах (особенно с увеличением количества критериев), отсутствие количественных оценок, рассчитываемых системой без привлечения экспертов.

5. Система оценки качества мультимедийных презентаций в учебном процессе [58] предназначена для оценки качества мультимедийных презентаций. В работе [58] предложена оценочная шкала, в которой критерии оценки разбиты на группы. В каждую группу включены 4 критерия:

1. Для оценки группы «Содержание» выделены следующие критерии:

- сформулирована цель работы;
- понятны поставленные задачи;
- содержание адекватно отражает решение поставленной задачи;
- сделаны выводы.

2. Для оценки группы «Дизайн» выделены следующие критерии:

- единый стиль оформления;
- использование на слайдах разного рода объектов;
- текст легко читается, фон сочетается с текстом и графическими файлами;
- эффекты анимации применены целесообразно.

3. Для оценки группы «Эффект» выделены следующие критерии:

- соответствие оформления эстетическим требованиям;
- дизайн не противоречит содержанию;
- понятная навигация;
- просмотр презентации не утомителен.

Для оценки группы «Структура» выделены следующие критерии:

- правильное оформление титульного листа;
- логическая последовательность информации на слайдах;
- краткость, точность, законченность информации;
- достоверность информации.

Система реализована в виде специальной формы в среде Lazarus. Разработанная форма включает меню, позволяющее пользователю создавать новую базу данных или открывать существующую базу для просмотра и редактирования, добавлять в базу новую информацию и редактировать существующую.

Плюсы данной системы: критерии разбиты на группы и позволяют провести комплексную оценку презентаций, при оценке учитывается назначение презентации (сопровождение объяснения темы, информационно-обучающее пособие, контроль и самоконтроль знаний), сохранение результатов работы программы в базе данных.

Минусы системы: позволяет оценить только материалы, представленные в виде презентации; отсутствуют оценки по количественным показателям, нет возможности построить план усовершенствования презентации, отсутствует веб-версия.

В таблице 1.1 приведен сравнительный анализ систем оценивания качества учебного контента и его модернизации. Из нее следует, что каждая система обладает индивидуальными характеристиками. Все они имеют свои плюсы и минусы, но не обладают универсальностью, так как не охватывают всех компонент учебного контента. Также на основе полученных в системах оценок нельзя принимать решения о модернизации контента, что является для нашего случая важной задачей.

Таблица 1.1 – Сравнительная таблица систем оценивания качества учебного контента и его модернизации

| Показатель | Свирь | АИС «МАИ» | LightReader | Система оценки учебных материалов | Система оценки качества мультимедийных презентаций |
|-------------------------------------|-------|-----------|-------------|-----------------------------------|--|
| Реализация на основе веб-технологий | – | + | – | + | – |
| Поддержка русского языка интерфейса | + | + | + | – | + |
| База знаний критериев | – | + | – | – | – |
| Построение процедуры оценки | + | + | – | – | – |
| Количественные критерии оценивания | + | – | + | – | – |
| Экспертные критерии оценивания | – | + | – | + | + |
| Планирование модернизации | – | – | – | – | – |

Выводы по главе 1

1. Системы дистанционного обучения стали важнейшим элементом технологии обучения в вузе и обладают огромным объемом программно-методического обеспечения (онлайн-курсы, видеолекции, виртуальные практикумы и лабораторные работы, электронные учебники, компьютерные контрольные работы и экзамены).
2. Наличие большого числа электронных учебных ресурсов ставит задачу совершенствования моделей и методов оценивания качества и модернизации учебного контента и реализацию их в информационной системе вуза.
3. Обзор критериев оценивания качества ЭУМКД показал, что: 1) имеется большое число разнообразных критериев оценки качества; 2) представленные системы критериев не являются полными и не учитывают специфику развития ЭУМКД конкретного вуза.

4. Обзор программных систем выявил, что, с одной стороны, имеются разработки узкоспециализированных систем оценивания учебного контента, с другой стороны, существуют универсальные системы оценки качества без ориентации на предметную область. Примеры использования программного обеспечения для модернизации учебного контента отсутствуют.

2 МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОЦЕНИВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА

2.1 Содержательная постановка задачи оценивания и модернизации учебного контента

Развитие системы дистанционного обучения вуза подразумевает создание большого числа разнообразных электронных учебных ресурсов: онлайн-курсов, тестов, виртуальных лабораторных работ и практикумов, аудио- и видеолекций, презентаций, разнообразных вебинаров, электронных учебников и методических разработок.

Вследствие этого перед учебно-методическими отделами вузов встает задача совершенствования накопленного электронного учебно-методического обеспечения. Данная задача имеет две составляющие:

- 1) модернизация морально устаревших ЭУМКД, например переход на изучение новых технологий исследования, проектирования или производства некоторой продукции;
- 2) улучшение качества действующих ЭУМКД.

В первом случае задача решается директивными методами, когда модернизация ЭУМКД поручается непосредственно профилирующей кафедре, затраты на модернизацию рассчитываются по окончании работ. Во втором случае, при решении задачи возникают следующие трудности:

- 1) у авторов нет понимания, что нужно улучшить и как это сделать;
- 2) у администрации нет инструментов планирования и финансирования работ по модернизации.

Для решения второй подзадачи предлагается разработать информационную систему оценивания и построения плана модернизации электронного учебного контента. Основная идея построения такой системы заключается в следующем:

- 1) создается система оценивания качества учебного контента, имеющая иерархическую структуру показателей;
- 2) выбирается множество ЭУМКД, предназначенных для модернизации;
- 3) для полученного множества ЭУМКД строится вектор оценок качества и суммарное значение оценки качества данного множества;
- 4) строится целевая функция для задачи модернизации ЭУМКД: получение максимального значения суммарного показателя качества для данного множества ЭУМКД;
- 5) записываются ограничения в виде заданного суммарного значения затрат на модернизацию данного множества ЭУМКД;
- 6) переменными данной задачи являются показатели качества всего выбранного множества ЭУМКД;
- 7) решение этой оптимизационной задачи позволит построить план модернизации множества ЭУМКД, в котором будут заданы требуемые показатели качества ЭУМКД и при заданном объеме затрат на их модернизацию.

Для разработки системы оценивания качества учебного контента предлагается создать базу знаний критериев оценивания, разработать методики оценивания качества учебного контента и его модернизации, построить инструментальную систему построения оценивания качества и модернизации учебного контента.

2.2 Онтологическая модель системы оценивания электронного учебного контента вуза

Построение системы оценивания качества является классической задачей в теории принятия решений [13, 15, 51]. Однако решение данной задачи для оценки электронного учебного контента сопровождается существенными трудностями, связанными с формированием системы критериев. На данный момент невозможно создать универсальную систему критериев, удовлетворяющую всем экспертам и вузам. Учитывая перечисленные обстоятельства, предлагается:

- 1) создать инструменты для разработки систем оценивания элементов учебного контента, их мониторинга и сопровождения;
- 2) создать систему накопления знаний по применению конкретных критериев, их анализа;
- 3) сформировать систему мониторинга и анализа развития электронного учебного контента.

Построить электронную площадку для выработки рекомендаций по построению системы критериев оценивания элементов электронного учебного контента предлагается в виде электронной энциклопедии в формате Wiki [59]. Однако для успешного извлечения знаний (системы критериев) необходимо задать формальный аппарат понятий [60, 61]. Этот формальный аппарат основан на применении аппарата онтологий, который является одним из инструментов формализации знаний предметной области и нашел широкое применение в инженерии знаний и построении интеллектуальных информационных систем. Онтология содержит формализованное описание предметной области в виде набора классов (понятий, концептов), экземпляров (объектов, описываемых классами), атрибутов (свойств экземпляров) и отношений, описывающих связи (зависимости) между объектами [62, 63].

Рассмотрим основные элементы онтологии оценивания электронного учебного контента, полученные с применением системы Protégé [64]. Основными понятиями рассматриваемой онтологии являются: иерархия классов системы оценивания, иерархия классов базовых элементов оценивания, иерархия классов электронных учебно-методических комплексов дисциплин, иерархия классов, описывающая историю развития и использования классов системы оценивания (рис. 2.1).



Рис. 2.1 – Система основных классов онтологии

Раскроем понятие системы оценивания ЭУМКД (см. рис. 2.2). Это понятие представлено иерархией классов: критерий, рейтинг, весовой коэффициент, функция ранга, эксперт, процедура проведения экспертизы, алгоритм получения значения критерия, шкала. Представленный набор понятий является классическим для принятия решений в многокритериальных задачах и квалиметрии [14]. Оценивание ЭУМКД осуществляется на основе некоторой математической модели, которая включает следующие элементы:

- 1) множество оцениваемых ЭУМКД $\{U_i\}$, $i=1,n$;
- 2) множество критериев $\{K_j\}$, $j=1,m$;
- 3) множество параметров критериев $\{P_k^i\}$, в том числе параметры важности критерия, весовые коэффициенты;
- 4) функция получения ранга для U_i ;

При построении системы оценивания ЭУМКД кроме параметров $\{P_k^i\}$ само множество критериев может существенно отличаться процедурой получения значения критерия, которая может иметь две реализации:

1. Автоматическое (формальные) получение значения критерия на основе компьютерного анализа элементов ЭУМКД по заданному алгоритму.
2. На основе экспертизы элементов ЭУМКД, которая включает автоматизированную процедуру проведения экспертизы и множество экспертов. Эксперты на основе автоматизированной процедуры устанавливают значения соответствующих параметров критерия.

В некоторых случаях процедура экспертизы может состоять из множества итераций, в которых могут быть задействованы разные эксперты. Тогда может потребоваться некоторая процедура согласования экспертных мнений.

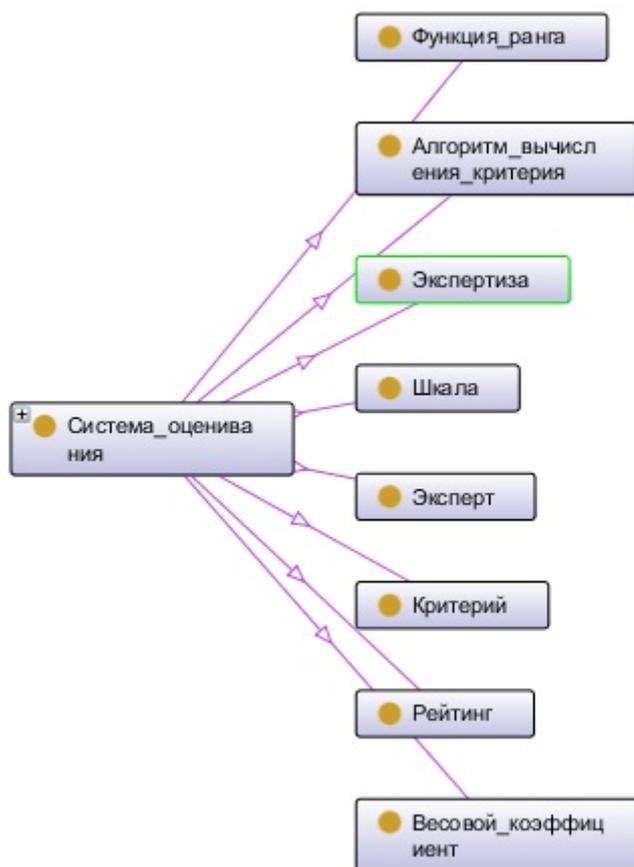


Рис. 2.2 – Классы системы оценивания

Иерархия классов базовых элементов ЭУМКД, подлежащих оцениванию, представлена на рисунке 2.3. К основным (базовым) относятся следующие классы: текст, иллюстрация, аудио- и видеофайл, задание, элементы организации поиска и навигации. Представленные базовые классы являются основой организации ЭУМКД. Абзацы в учебном пособии складываются в параграфы, параграфы – в главы и т.д. Кроме того, главы содержат рисунки, формулы, таблицы, изображения, фотографии, схемы и пр. В целом, только число критериев оценки текста может достигать нескольких сотен. При этом остальные базовые классы также могут иметь большое число критериев. Примером критерия оценки текста может служить индекс удобочитаемости Флэша с учетом языка изложения [65, 66], для которого

имеются алгоритм вычисления индекса, шкала от 0 до 100 и параметры алгоритма. Таким образом, экземпляр класса «Критерий» – индекс удобочитаемости Флэша – имеет отношения с экземплярами классов «Алгоритм вычисления критерия» и «Шкала», каждый из которых имеет свойства «значения параметров».

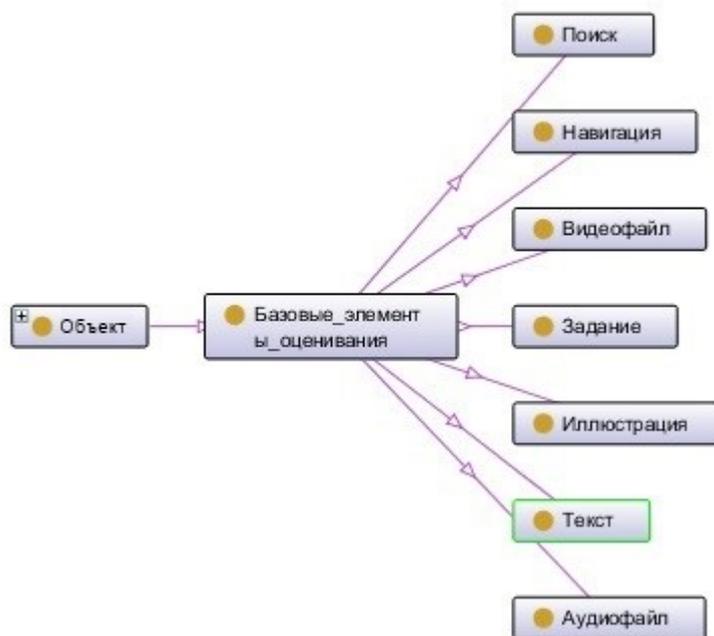


Рис. 2.3 – Иерархия классов базовых элементов ЭУМКД, подлежащих оцениванию

Продолжим рассмотрение классов предложенной онтологии. Одной из важнейших является иерархия классов учебно-методического комплекса дисциплины, представленная на рисунке 2.4. Здесь перечисляются основные единицы учебно-методического комплекса дисциплины. Например, учебное пособие. Как правило, оно имеет стандартную структуру, состоящую из введения, нескольких глав, заключения, списка литературы и приложений. Ясно, что учебное пособие будет иметь некоторые значения базовых критериев. Однако автоматически проверить представленное пособие на соответствие нормативно-правовым документам на данный момент развития методов оценивания не считается возможным. Поэтому

предлагается автоматизированная процедура проверки на соответствие, при которой эксперт в автоматизированном режиме вносит оценки соответствия.

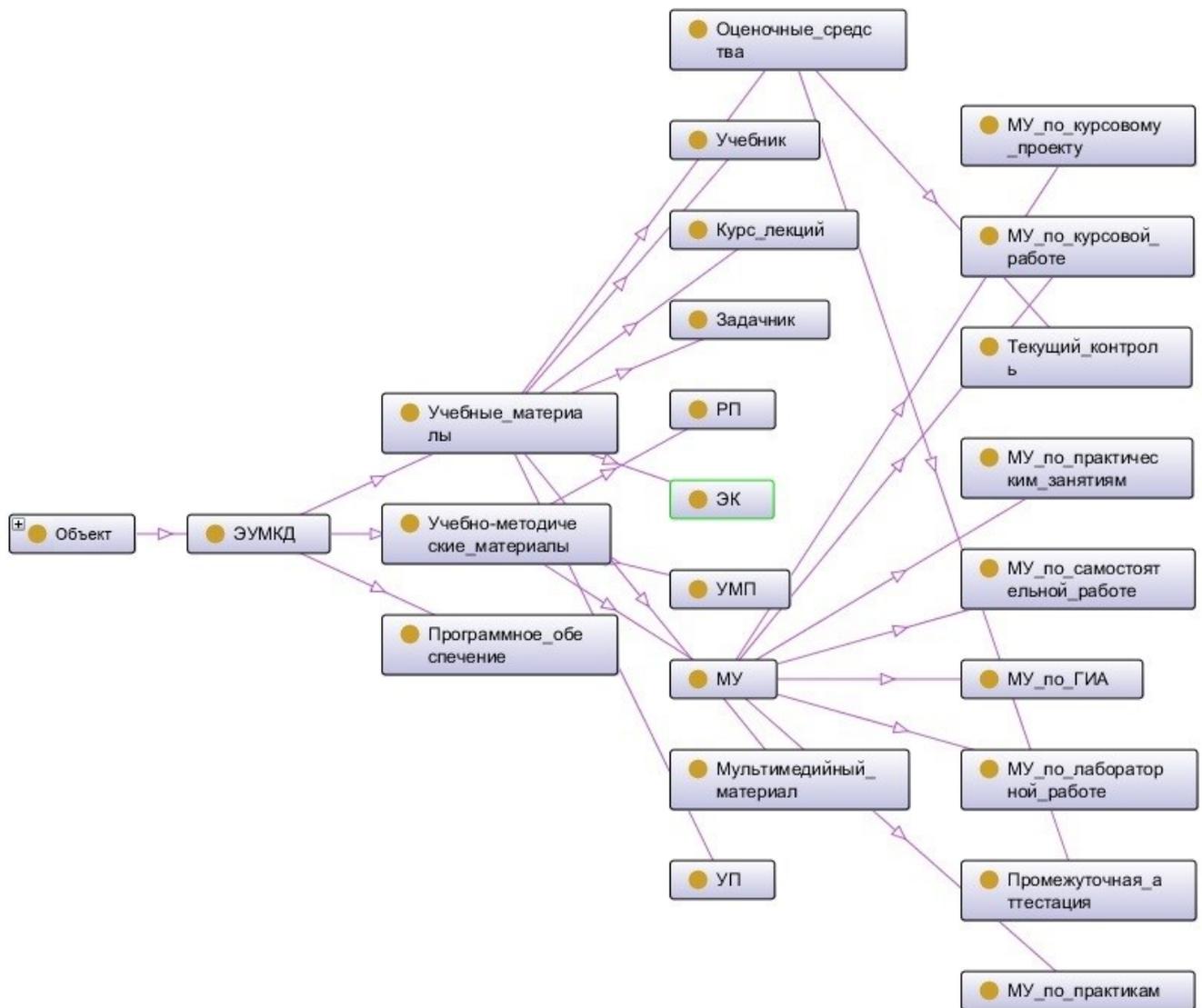


Рис. 2.4 – Иерархия классов учебно-методического комплекса дисциплины:
 РП – рабочая программа, ЭК – электронный курс, УМП – учебно-методическое пособие, МУ – методические указания, УП – учебное пособие,
 ГИА – государственная итоговая аттестация

Далее рассмотрим иерархию классов «История», представленную на рисунке 2.5.



Рис. 2.5 – Иерархия классов «История»

Наличие этих классов в онтологии обеспечивает отслеживание (генезис) базы знаний и систем оценивания ЭУМКД. Например, наличие истории у критерия позволит в дальнейшем оценить эффективность его использования. В тех случаях, когда критерий для данной совокупности ЭУМКД имеет одно и то же значение, он может быть удален из системы оценивания. Однако этот критерий может быть использован в дальнейшем для входного оценивания нового ЭУМКД. Другой пример: история эксперта обеспечит определение характеристик надежности и точности оценивания эксперта, поможет определить сильные и слабые стороны конкретного эксперта.

Представленная онтологическая модель системы оценивания электронного учебного контента вуза позволит:

- 1) задать структуру и шаблоны для реализации wiki-энциклопедии оценивания учебного контента;
- 2) построить алгоритм извлечения конкретной онтологии для формирования базы знаний инструментальной системы построения систем оценивания учебного контента;
- 3) на основе полученной базы знаний и инструментальной системы получить систему оценивания конкретных элементов электронного учебного контента;
- 4) накапливать базу данных применения конкретной онтологии для оценивания электронного учебного контента, что позволит совершенствовать

инструментальную систему и послужит переходу на методы оценивания, основанные на обработке больших данных.

2.3 Выявление критериев оценивания качества

электронного учебного контента и методика построения системы оценивания

Множество критериев оценки качества электронного учебного контента является важнейшим элементом системы оценивания. Имеется огромное число критериев оценки качества учебно-методического комплекса дисциплины. Можно разделить критерии качества на автоматические, значения которых могут быть определены на основе алгоритма, и критерии, которые определяются на основе экспертного опроса. Рассмотрим требования к автоматическим критериям:

1. Простота реализации алгоритма оценивания показателя.
2. Интерпретация значения показателя на шкале [0,100].
3. Наличие опыта использования показателя для анализа учебного текста.

На основе перечисленных требований были выявлены следующие показатели качества текста: информационная насыщенность; абстрактность; удобочитаемость; водность; плотность ключевых слов [67, 68].

Информационная насыщенность рассчитывается как процентное соотношение количества встречающихся в тексте новых понятий к общему числу слов [67]:

$$X_{ин} = (X_{кс} / X_{окс}) \cdot 100\% ,$$

где $X_{кс}$ – количество новых понятий, $X_{окс}$ – общее количество слов в тексте.

Индекс абстрактности определяется на основе формулы [69]:

$$X_{абс} = (X_{ас} / X_{окс}) \cdot 100\% ,$$

где $X_{ас}$ – количество абстрактных имен существительных, $X_{окс}$ – общее количество слов в тексте.

Индекс удобочитаемости для русскоязычных текстов рассчитывается по формуле [53, 66]:

$$\text{Индекс Ганнинга} = 0,4 \left[0,78 \cdot \frac{\text{Кол-во слов}}{\text{Кол-во предложений}} + 100 \cdot \frac{\text{Кол-во сложных слов}}{\text{Кол-во слов}} \right],$$

где «Кол-во сложных слов» – количество слов с числом слогов больше четырех (такое число слогов определено с учетом грамматики русского языка); 0,78 – поправочный коэффициент для русского языка.

Индекс водности текста будет рассчитываться по следующей формуле:

$$X_{\text{в}} = (X_{\text{сс}} / X_{\text{окс}}) \cdot 100\% ,$$

где $X_{\text{сс}}$ – количество стоп-слов в тексте, $X_{\text{окс}}$ – общее количество слов в тексте [70].

В качестве общей плотности текста принимается значение плотности самого часто используемого слова.

$$Ч = \max(\sqrt{КС_i}),$$

где КС – количество повторений i -го ключевого слова.

Оптимальным значением считается 5–7% [70].

Индекс креолизации. Креолизация текста учебных пособий используется для улучшения восприятия и понимания учебного текста, акцентирования внимания и улучшения навигации [71]. Наличие креолизованного текста в учебном контенте электронной системы обучения является важным фактором улучшения его качества. Однако методы оценки качества креолизованного текста отсутствуют.

Для оценки степени креолизации учебного текста выделим классы [71]:

1. Выделение текста цветом фона или выделение текста изменением шрифта (наклон, жирность, другой шрифт).
2. Выделение текста в виде фигуры, например, текст в рамке.
3. Наличие пиктограммы для некоторого указания.
4. Имеется некоторая ссылка (на ресурс).

Тогда метод получения степени креолизации текста будет следующий:

1. Для каждой единицы текста (абзац, параграф, раздел) выявляется общее число слов (словосочетаний) заданного класса. В результате получится матрица:

| | класс=1 | класс=2 | | класс=j | |
|----------|-----------|-----------|--|-----------|--|
| Блок № 1 | $k_{1,1}$ | $k_{1,2}$ | | $k_{1,j}$ | |
| Блок № 2 | $k_{2,1}$ | $k_{2,2}$ | | $k_{2,j}$ | |
| | | | | | |
| Блок № i | $k_{i,1}$ | $k_{i,2}$ | | $k_{i,j}$ | |
| | | | | | |

2. Вычисляется среднее по каждому столбцу V_1, V_2, \dots, V_j .
3. Вычисляется среднеквадратическое отклонение, которое показывает равномерность распределения креолизованного текста.

$$S_j = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (k_{ij} - V_j)^2.$$

4. Вычисляется коэффициент степени креолизации j -го класса:

$$\alpha_j = \frac{C_j}{V} \times 100,$$

где C_j – объем креолизованного текста класса j . V – общий объем текста.

5. Вычисляется суммарный коэффициент степени креолизации учебного текста:

$$\alpha = \sum_{i=0}^m w_i \alpha_i,$$

где w_i – коэффициент значимости данного класса креолизации, m – число классов.

Для оценки качества иллюстраций выбраны следующие критерии [30, 32, 33]:

- 1) N_i – число иллюстраций;

- 2) $S = V_n/V_{\text{общ}} \times 100\%$ – процент иллюстраций занимаемой площади;
- 3) $K = N_i/N_{\text{стр}}$ – среднее число иллюстраций на страницу;
- 4) распределение иллюстраций по темам (разделам) (см. таблицу 2.1).

Таблица 2.1 – Распределение иллюстраций по темам (разделам)

| Тема | Параметры |
|----------------|--|
| T ₁ | N ₁ , S ₁ , K ₁ |
| T ₂ | N ₂ , S ₂ , K ₂ |
| ... | ... |

5. Яркость изображения:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N 0.299R_p + 0.587G_p + 0.114B_p$$

где N – число точек на изображении, P – точка изображения, RGB – цвет точки.

6. Относительная яркость изображения:

$$Y_o = \frac{Y}{Y_{\text{max}}}$$

Y_{max} – максимальная яркость точки изображения.

7. Контраст

Дисперсия изображения:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (Y_p - Y)^2$$

Относительный контраст изображения:

$$C = \frac{2\sigma}{Y_{\text{max}}}$$

Для оценки учебного контента, основанного на экспертном опросе, необходимо создать анкету, шкалы для каждого вопроса и коэффициенты важности вопросов для подсчета итоговой оценки. В базу знаний были внесены анкеты, представленные в Положении об электронном курсе в ТУСУРе [72].

2.4 Методика построения системы оценивания качества

Для построения системы оценивания качества учебного контента необходимо разработать соответствующую методику оценивания, которая будет опираться на модели базы знаний и множество выделенных критериев, записанных в предыдущем разделе.

Для построения системы оценивания можно выделить следующую последовательность мероприятий (рис. 2.6) [73]:

1. Выбор критериев оценивания качества ЭУМКД.

Для выбора критериев необходимо:

- 1) определить цель оценивания (например, организация конкурса электронных образовательных ресурсов (ЭОР), модернизация контента);
- 2) провести системный анализ оценки качества учебного контента и выявить множество критериев, построить иерархию показателей оценки качества;
- 3) для выделения наиболее существенных критериев необходимо привлечение экспертов;
- 4) провести анализ количественных критериев на некотором множестве ЭУМКД. Здесь важно отметить возможности дифференциации рассматриваемого множества.

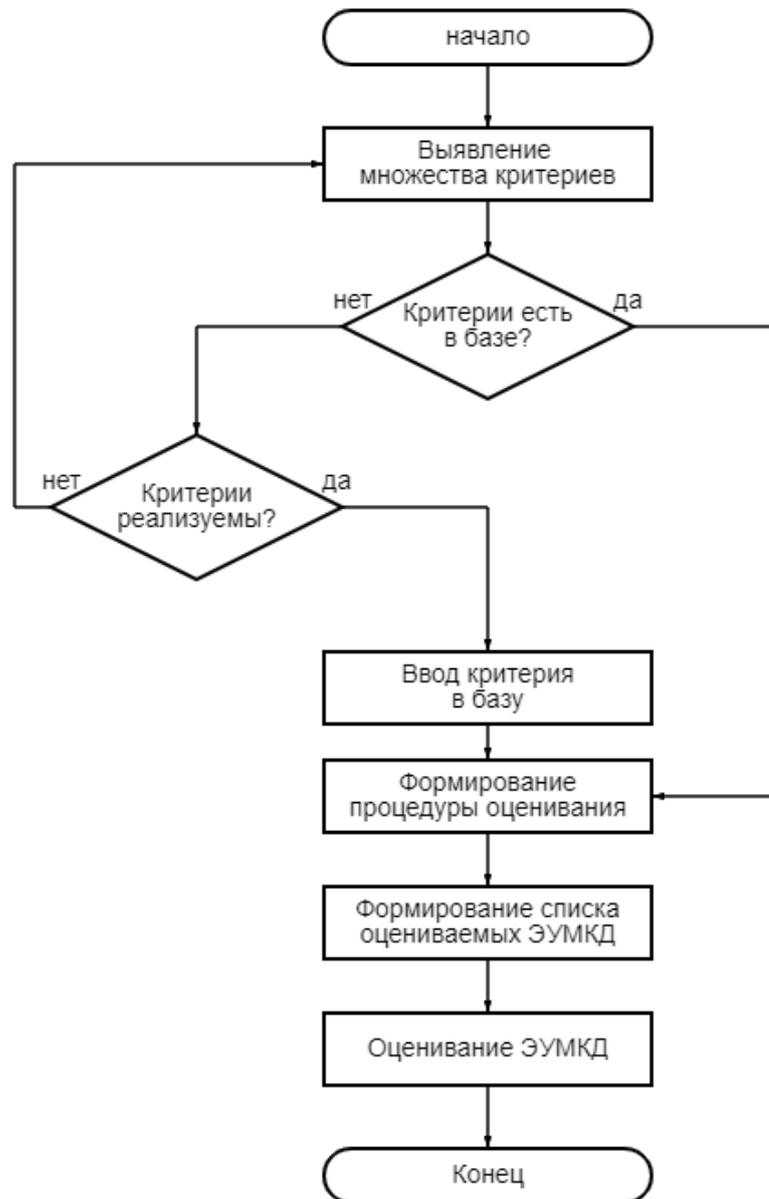


Рис. 2.6 – Методика оценивания качества ЭУМКД

2. Формирование множества критериев в базе знаний предполагает следующую последовательность действий:
- 1) проанализировать базу знаний, по критериям оценивания сформировать два множества: реализованные критерии и критерии, отсутствующие в базе;
 - 2) оценить возможности реализации критериев отсутствующих в базе знаний;

- 3) если какой-либо критерий сложен для реализации, перейти на шаг 1;
 - 4) реализация критериев и добавление их базу знаний.
3. Формирование процедур оценивания качества для полученной иерархии показателей качества включает:

- 1) анализ иерархической структуры показателей;
- 2) формирование процедуры оценки качества соответствующего обобщенного показателя для каждого узла иерархии путем объединения нескольких критериев. Например, все локальные текстовые критерии объединяются в один обобщенный текстовый критерий:

$$C_i = \sum_{j \in \text{ord}(V)} \alpha_j Y_j, \quad (2.1)$$

где α_j – коэффициент значимости для j -го критерия; Y_j – нормализованное значение критерия;

- 3) формирование коэффициентов предпочтения. Каждый индивидуальный критерий (автоматический и экспертный) в системе имеет коэффициент важности. Имеется огромное число методов определения коэффициентов важности [74, 75]. В настоящее время в инструментальной системе реализован метод приписывания баллов [76]. При получении коэффициентов важности определяется согласованность мнений экспертов на основе коэффициента конкордации Кэнделла [77]. При слабой согласованности (коэффициент менее 0,4) необходимо проводить мероприятия по повышению согласованности экспертов, применяя методы и алгоритмы повышения согласованности данных [78, 79], при этом происходит переход на шаг 1 или шаг 2. Формирование коэффициентов важности для обобщенных критериев происходит аналогичным образом;

- 4) выбор метода нормализации для относительного или абсолютного оценивания качества. Для каждого критерия выбирается метод нормализации. В зависимости от возрастания или убывания значений нормализации данных была выбрана минимаксная нормализация:

$$x_i^{(norm)} = \frac{x_i - \min(X)}{\max(X) - \min(X)},$$

где $X = \{x_i\}, i = 1, n$.

Преобразование последовательности из возрастающей в убывающую при нормализации данных:

$$x_i^{(onorm)} = \frac{\max(X) - x_i}{\max(X) - \min(X)};$$

- 5) формирование единой процедуры оценивания ЭУМКД:

$$R_{\text{ЭУМКД}} = \sum_{i \in \text{ord}(V_o)} w_i C_i, \quad (2.2)$$

где w_i – коэффициент значимости для i -го обобщенного критерия; C_i – нормализованное значение обобщённого критерия.

4. Формирование списка оцениваемых ЭУМКД.
5. Вычисление значений оценок показателей качества, результаты записываются в таблицу. Формируется текущий рейтинг ЭУМКД.

2.5 Алгоритмы построения плана модернизации учебного контента

Системы электронного обучения в вузах становятся одним из важнейших средств современного учебного процесса. Эти системы представляют собой сложный программно-технический комплекс, включающий: операционные системы и системы безопасности, информационные системы и базы данных, системы дистанционного обучения и инструментальные системы и многое другое. Причем многие из перечисленных систем постоянно модернизируются и обнов-

ляются. Если обновление системных компонент более или менее решается в системах электронного обучения, то создание и модернизация учебного контента является достаточно сложной задачей [12]. При этом необходимо решить несколько задач.

Первой задачей является задача оценивания учебного контента. Для вузов решение этой задачи находится на стадии интенсивных исследований [1]. Например, имеются решения на основе многокритериального оценивания [24] или на основе алгоритмов обработки больших данных [80]. Другой важной задачей является формирование списка мероприятий по созданию и модернизации учебного контента в рамках одного вуза на определенный период, как правило, один год. Эта задача решается учебно-методическим отделом вуза. Обычно составляются списки предложений от кафедр, и на основе рассмотрения предложений формируется план мероприятий по созданию и модернизации учебного контента. Однако оценить уровень затрат и степень полезности того или иного мероприятия сложно, а порой и невозможно. Ниже предлагается подход к решению этой задачи на основе выработки системы рейтинга для элементов учебного контента и нахождения максимального увеличения суммарного рейтинга при заданных ограничениях на ресурсы. Например, если стоит задача модернизации множества электронных курсов, то вычисляется текущий рейтинг для каждого электронного курса и формируется план мероприятий, который максимально увеличит суммарный рейтинг множества электронных курсов при заданном ограничении на ресурсы.

2.5.1 Математическая постановка задачи

Пусть имеется множество единиц контента (например, множество электронных курсов в системе дистанционного обучения). Запишем это множество как $O = \{o_j\}_{j=1}^m$, далее будем называть его множеством объектов оценивания. Пусть задано также множество критериев оценивания $Q = \{q_i\}_{i=1}^n$. Каждый критерий

имеет функцию (процедуру) $Aq_i(o_j)$, по которой определяется значение i -го критерия для j -го объекта:

$$v_{ij} = Aq_i(o_j).$$

В общем случае v_{ij} может быть непрерывной, дискретной, интервальной и др.

Для получения рейтинга объекта используется следующая формула:

$$R_j = \sum_{i=1}^n w_i v_{ij},$$

где w_i – весовые коэффициенты.

Задача получения рейтинга R_j для множества единиц контента сама по себе является нетривиальной и имеет множество подходов к реализации [24]. Пусть теперь имеется система построения рейтинга R_j . Тогда задачу создания модернизации контента можно сформулировать как задачу построения комплекса мероприятий улучшения множества объектов $\{o_j\}_{j=1}^m$, при котором суммарное значение рейтинга увеличится максимально при условии ограничения на ресурсы. Для формализации этой задачи необходимо записать ограничения. Пусть известна общая величина затрат на модернизацию контента C . Также пусть известно множество функций $\{g_i(x)\}_{i=1}^n$, затрат на модернизацию объекта оценивания по изменению i -го критерия. В общем случае это могут быть некоторые аппроксимированные кривые на основе данных опыта модернизации контента. Тогда формально задачу создания учебного контента можно записать как

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m w_i v_{ij} \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g_i(o_j) \leq C. \end{cases}$$

Запишем теперь двойственную задачу как определение комплекса мероприятий модернизации множества $\{o_j\}_{j=1}^m$ при минимальном значении затрат для достижения заданного значения суммарного рейтинга.

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g_i(o_j) \rightarrow \min, \\ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m w_i v_{ij} \geq R. \end{cases}$$

Здесь R – значение суммарного рейтинга, которого нужно достигнуть после модернизации контента.

Описанная задача относится к классу задач исследования операций. Однако воспользоваться известным аппаратом линейного программирования не представляется возможным из-за дискретного характера некоторых критериев и нелинейного вида функций $g_i(x)$. Тем не менее при некоторых допущениях эту задачу можно свести к варианту задачи о рюкзаке и решить ее методами динамического программирования.

Задача модернизации контента при условии имеющегося алгоритма решения задачи создания контента можно записать как

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m w_i v_{ij} \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g_i(o_j) \leq C^* + C, \end{cases}$$

где C^* – текущий уровень затрат.

Для понимания сущности и особенностей задачи рассмотрим простейший вариант. Пусть имеется система критериев, состоящая из трех критериев $Q = \{q_1, q_2, q_3\}$. Значения $q_1 = \{1,2\}$, $q_2 = \{1,2,3,4\}$, $q_3 = \{1,2,3\}$. Весовые коэффициенты равны единице. Функция затрат равна $g(n) = n^2$. Общее число значений

рейтинга для одного объекта равно 24 (значения от $\{1,1,1\}$ до $\{2,4,3\}$). Число объектов равно 2, $O = \{o_1, o_2\}$. Рассмотрим распределение суммарного рейтинга:

$$R(o_1, o_2) = r(o_1) + r(o_2).$$

При условии ограничения

$$g(o_1) + g(o_2) \leq c.$$

На рисунке 2.7 представлены графики распределения суммарного рейтинга.

C пробегает значения 10, 20, 30, 40.

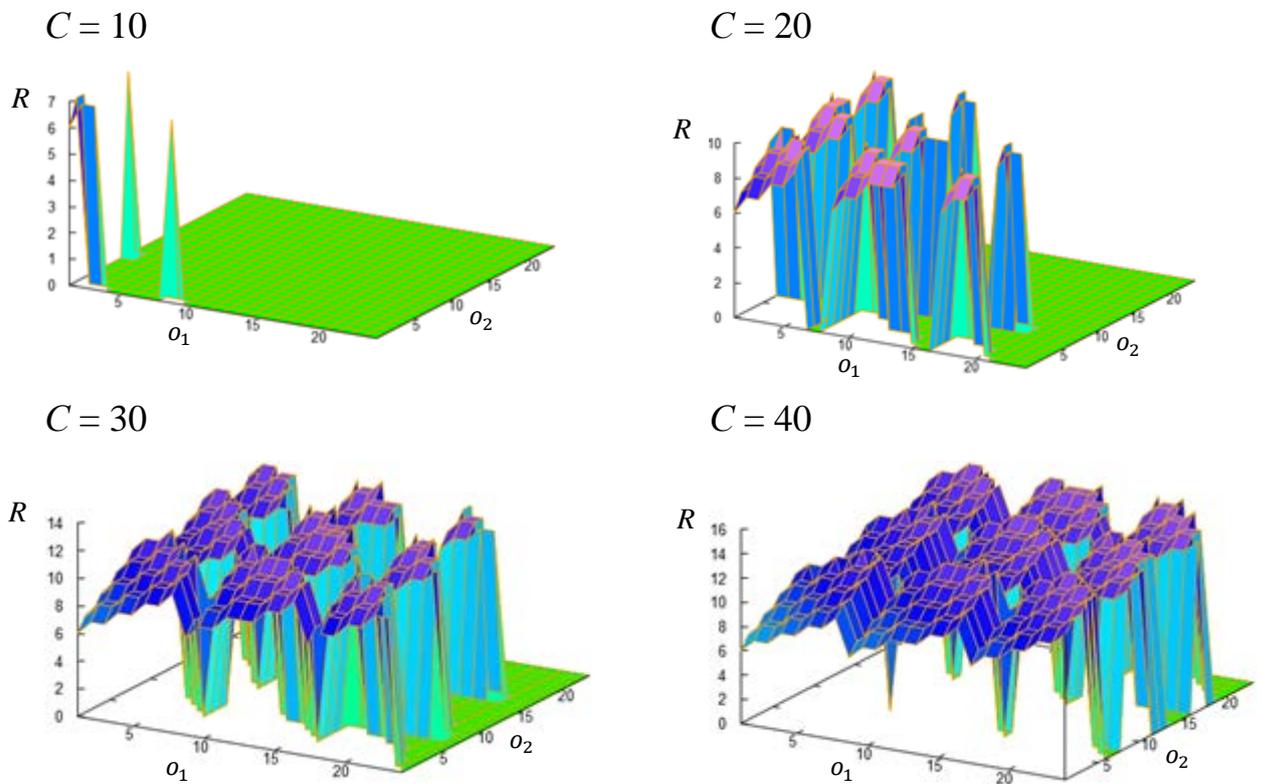


Рис. 2.7 – Графики суммарного рейтинга

при условии ограничений для трех критериев и двух объектов

Пусть дано четыре критерия q_1, q_2, q_3, q_4 , которые принимают значения из представленных множеств $\{1,2,3\}, \{1,2,3,4\}, \{1,2,3,4,5,6,7\}, \{1,2\}$ соответственно. Весовые коэффициенты равны 1, объектов оценивания 3. Тогда

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^4 g_i(o_j) = C.$$

Число вариантов оценивания одного объекта равно 158. Общее число вариантов равно 158^3 . Параметр C может принимать решение от 12 до $78 \times 3 = 234$. Рассмотрим число решений уравнения при заданном значении C . Получим следующее распределение (см. рис. 2.8).

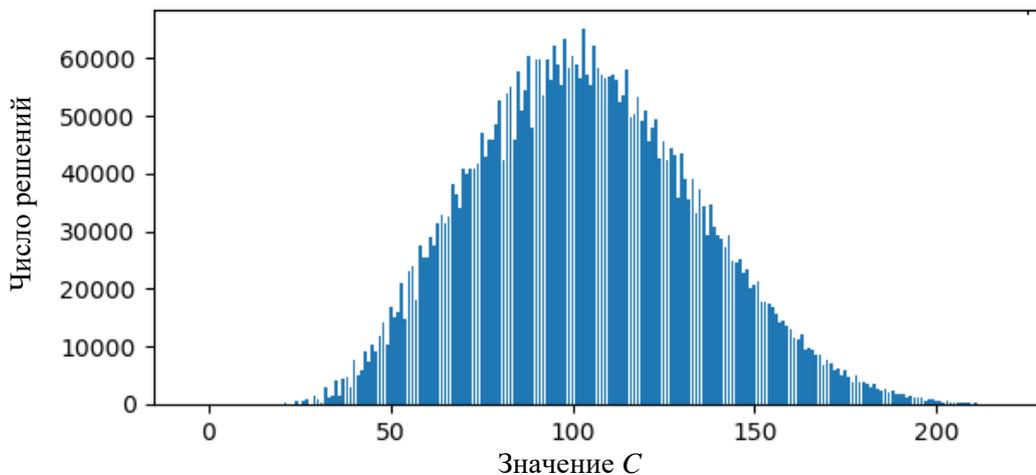


Рис. 2.8 – График распределения решений для ограничения

Представленный график показывает, что число решений при заданном ограничении C может быть достаточно большим, причем распределение по виду напоминает нормальное распределение. Это дает возможность приблизительно оценить число решений.

Рассматривая представленные графики, можно сделать следующие обобщения:

1. Представленная задача является многоэкстремальной.
2. Оптимальных решений может быть множество.
3. Оптимальные и субоптимальные решения лежат на границе области ограничения.

2.5.2 Алгоритм решения на основе рюкзачной задачи

Рассмотрим задачу модернизации контента для дискретного случая. Всё множество критериев оценивания $Q = \{q_i\}_{i=1}^n$ имеет конечное число дискретных значений. При этом функции затрат также имеют дискретные значения. Предположим, что начальный рейтинг равен нулю. Откуда будет решаться задача создания $O = \{o_j\}_{j=1}^m$ объектов при заданном ограничении на ресурсы C . Эта задача сводится к известному расширению задачи о рюкзаке с множественным выбором [81]. Она формулируется следующим образом: имеется рюкзак емкостью C ; дано некоторое число множеств предметов N_k ; каждый предмет имеет некоторую стоимость p_{ij} . Нужно заполнить рюкзак, выбирая по одному предмету из множества N_k так, чтобы стоимость содержимого рюкзака была бы максимальной. Запишем математическую постановку:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{M_j} p_{ij} x_{ij} \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{M_j} b_{ij} x_{ij} \leq C. \end{array} \right.$$

Здесь n – число множеств, M_j – число элементов в j -м множестве, x_{ij} принимает значение 0 или 1, причем

$$\sum_{i=1}^{M_j} x_{ij} = 1,$$

где p_{ij} – стоимость i -го предмета в j -множестве; b_{ij} – емкость i -го предмета в j -множестве;

Также выполняется условие:

$$N_i \cap N_j = \emptyset, \text{ при } i \neq j.$$

Решение этой задачи основано на методе динамического программирования и состоит в следующем [81]: записывается рекуррентная функция двух переменных $D(k, c)$:

$$D(k, c) = \begin{cases} \max(D(k-1, c - b_{ik}) + p_{ik}), \\ D(k-1, c - b_{ik}) + p_{ik} \leq c, k > 1, \\ \max(p_{ik}), p_{ik} \leq c, k = 1, \\ -\infty, \text{ нет максимума,} \end{cases}$$

которая находит максимальное значение критерия для первых k ($k = 1..n$) множеств и значения ограничения c ($C_{min} < c < C$). Значение функции $-\infty$ означает отсутствие решения. Используя значения этой функции, можно всегда построить алгоритм последовательного перечисления решений. Вычислительная сложность данного метода равна $O(nc)$. Имеются модификации этого метода, позволяющие несколько ускорить вычисления [82, 83].

Рассмотрим задачу модернизации контента с дискретными значениями критериев оценивания. Эта задача сводится к рассмотренной задаче о рюкзаке.

Для каждого объекта оценивания формируется множество значений критериев. Этим множеств будет $n \times m$. Из этого набора множеств нужно выбрать по одному значению из каждого таким образом, чтобы суммарный рейтинг был бы максимален, при заданном ограничении на ресурсы C . Тогда функция R максимального рейтинга будет выглядеть следующим образом:

$$R(k, c) = \begin{cases} \max(R(k-1, c - g_i(o_k)) + w_k v_{i k}), \\ R(k-1, c - g_i(o_k)) + w_k v_{i k} \leq c, k > 1, \\ \max(w_k v_{i k}), w_k v_{i k} \leq c, k = 1, \\ -\infty, \text{ нет максимума.} \end{cases}$$

Рекуррентная функция $R(k, c)$ последовательно вычисляет все решения для искомой задачи формирования максимального суммарного рейтинга при заданном ограничении C .

Рекуррентная функция $R(k, c)$ в процессе вычисления строит дерево решений, узлами которого являются значения $R(k - 1, c - g_i(o_k))$. Используя это дерево, можно получить некоторое подмножество решений.

Рассмотрим пример. Пусть имеется три объекта оценивания, четыре критерия оценивания $q_1 = \{1,2,3\}$, $q_2 = \{1,2,3,4\}$, $q_3 = \{1,2,3,4,5,6,7\}$, $q_4 = \{1,2\}$, ограничение $C = 200$, тогда рекурсивная функция $R(k, c)$ будет иметь значения:

$R(k, 200) = [4, 6, 13, 16, 20, 22, 29, 32, 36, 38, 42, 44]$, здесь k меняется от 1 до 12. Тогда алгоритм построения решения выдаст следующие решения, $R_{\max} = 44$:

$[4, 1, 7, 3, 4, 2, 7, 3, 4, 2, 4, 3], C^* = 198;$

$[3, 2, 7, 3, 4, 2, 7, 3, 4, 2, 4, 3], C^* = 194;$

$[4, 2, 7, 3, 4, 2, 7, 3, 3, 1, 5, 3], C^* = 200;$

$[4, 2, 7, 3, 4, 2, 6, 3, 4, 1, 5, 3], C^* = 194;$

$[4, 2, 7, 3, 3, 2, 7, 3, 4, 1, 5, 3], C^* = 200;$

$[4, 2, 6, 3, 4, 2, 7, 3, 4, 1, 5, 3], C^* = 194;$

$[3, 2, 7, 3, 4, 2, 7, 3, 4, 1, 5, 3], C^* = 200.$

Как видно, решений может быть несколько, причем значения суммарного рейтинга равно 44, а расчетное значение затрат может быть меньше 200. В этом смысле решения 2 и 6 будут наилучшими.

2.5.3 Генетический алгоритм решения задачи

Рассмотренный в предыдущем разделе алгоритм решения задачи модернизации контента можно применять только для системы критериев оценивания, носящей дискретный характер. Однако для случаев, когда отдельные критерии носят непрерывный характер или когда число дискретных значений критерия велико, то воспользоваться алгоритмом динамического программирования не представляется возможным из-за роста вычислительной сложности. В этом случае предлагается воспользоваться подходом, основанным на генетическом алгоритме. Генетический алгоритм является одним из методов глобального поиска

решения многоэкстремальных задач. Хотя генетический алгоритм не гарантирует точного решения. Однако простота реализации и получение субоптимальных решений на практике позволяет решать сложные задачи в различных предметных областях. Например, для решения задач моделирования приемо-передающих антенных систем связи [84], получения оптимальных траекторий обучения в системах адаптивного обучения [85], в задачах инвестирования и определения портфеля [86, 87]. Основная схема генетического алгоритма [88]:

1. Формирование начальной популяции, состоящей из особей.
2. Определение достижимости решения задачи.
3. Анализ популяции для формирования следующего поколения.
4. Формирование новой популяции.
5. Переход на шаг 2.

Рассмотрим построение генетического алгоритма для рассматриваемой задачи. Особью в нашем случае являются значения критериев оценивания $V = \{v_{ij}\}$ для всех объектов. На множестве $V = \{v_{ij}\}$ вычисляются два параметра: R – суммарный рейтинг и C – общий объем затрат. Пусть $\Gamma_t = \{V_k\}$ – множество особей на шаге t , соответственно R_{kt} – суммарный рейтинг, C_{kt} – общий объем затрат V_k .

Выявленные свойства рассматриваемой задачи предполагают множество решений. Значение общего рейтинга особи при увеличении значений критериев оценивания всегда возрастает, и решение находится на границе. Можно предложить следующие основные блоки генетического алгоритма:

1. Фитнес-функция оценивает близость решения (особи) к границе, если при выполнении мутации особь выходит за пределы границы C , то исходная особь становится элитной и сохраняется в популяции.

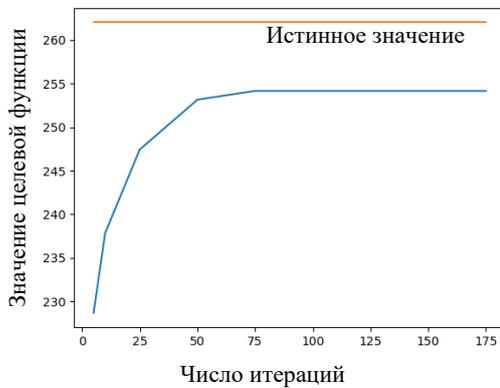
2. Функция мутации случайным образом увеличивает значения критерия оценивания для конкретного объекта особи с вероятностью 0,6%.

3. Кроссовер является одноточечным.

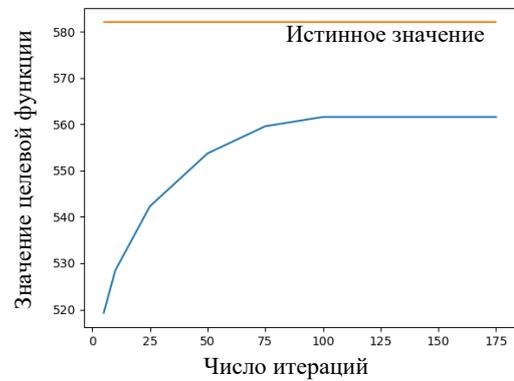
4. Функция селекции обеспечивает выбор лучших особей из текущей популяции на основе удаления вышедших за границу и самых дальних от границы C особей.

Статистические исследования сходимости предложенного генетического алгоритма в зависимости от числа итераций основного алгоритма представлены на рисунке 2.9.

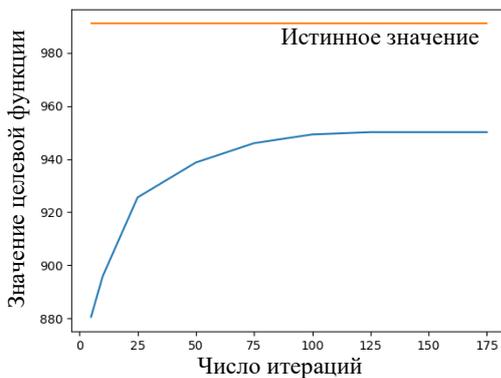
а)



б)



в)



г)

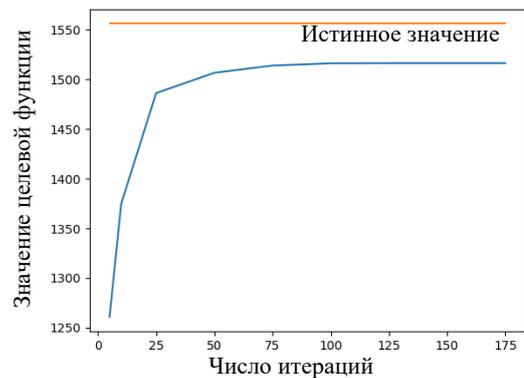


Рис. 2.9 – Графики исследования сходимости генетического алгоритма от числа итераций основного цикла

На рисунке 2.9, а показана сходимость алгоритма при числе объектов оценивания 10, числе критериев оценивания 9, ограничении $C = 800$, истинное значение критерия – 262 (желтая линия). На рисунке 2.9, б показана сходимость ал-

горитма при числе объектов оценивания 20, числе критериев оценивания 9, истинное значение критерия – 582, $C = 2000$. На рисунке 2.9, *в* показана сходимость алгоритма при числе объектов оценивания 30, числе критериев оценивания 9, истинное значение критерия – 991, $C = 4000$. На рисунке 2.9, *г* показана сходимость алгоритма при числе объектов оценивания 40, числе критериев оценивания 9, истинное значение критерия – 1556, $C = 8000$. В каждой точке графиков производилось 7 измерений и бралось среднее значение. Как видно из графиков, 150 итераций достаточно для сходимости алгоритма для заданного числа критериев, равного 9. При этом ошибка определения максимума колеблется в пределах 3%.

На рисунке 2.10 представлено исследование вычислительных свойств предложенного генетического алгоритма в зависимости от числа итераций основного цикла и размерности особи. Полученные графики свидетельствуют о линейном росте числа операций от основных параметров генетического алгоритма, что является сравнимым с алгоритмом решения рюкзаковой задачи.

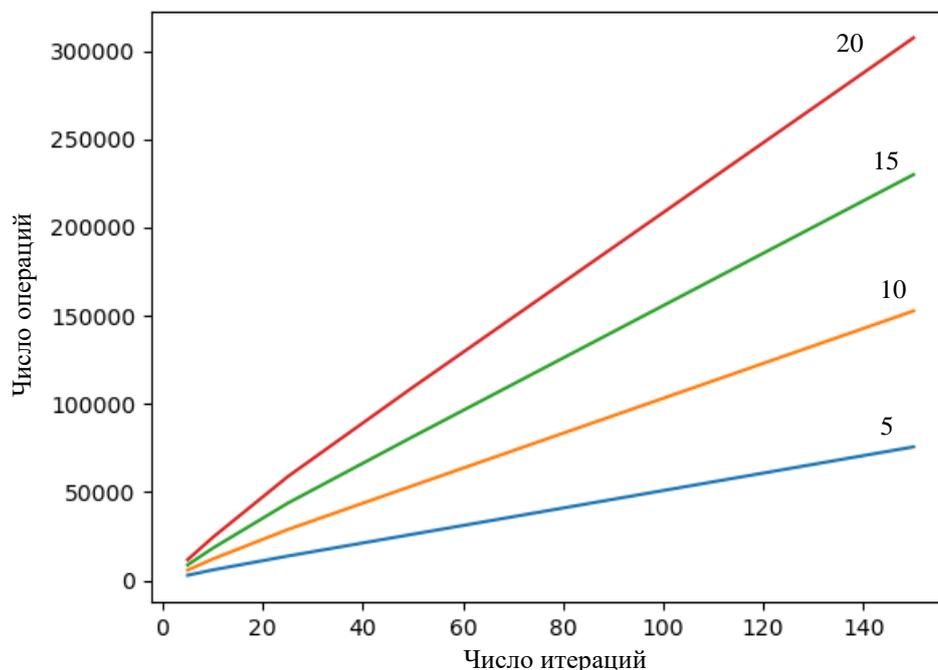


Рис. 2.10 – Графики зависимости числа основных вычислительных операций от числа объектов оценивания и числа итераций основного цикла генетического алгоритма

Рассмотренные подходы и алгоритмы позволяют получить приемлемые варианты решения задачи создания и модернизации учебного контента в системе электронного обучения вуза.

Выводы по главе 2

1. Построенная онтологическая модель оценивания учебного контента позволяет создать структуры базы знаний для критериев оценивания качества учебного контента.

2. Предложена математическая постановка задачи формирования плана мероприятий модернизации контента, относящаяся к классу задач математического программирования, целевая функция строится на основе методики оценивания качества учебного контента.

3. Показано, что при определенных допущениях вышеуказанную задачу можно решить методом динамического программирования (задачи о рюкзаке с множественным выбором).

4. Предложенный алгоритм решения общей задачи формирования плана основан на генетическом подходе, имеет линейную вычислительную сложность относительно числа искомым переменных. Сравнительный анализ этого генетического алгоритма с рюкзачным алгоритмом, основанным на динамическом программировании, показывает 3%-ную ошибку определения максимума, при числе итераций 150 для заданного числа критериев, равного 9.

3 ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И ОЦЕНИВАНИЯ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА

3.1 Требования к программному обеспечению инструментальной системы

Возможным решением поставленной в диссертационной работе задачи является создание инструментальной системы построения процедур оценки качества ЭУМКД. В основе концепции такой системы лежат следующие идеи:

- анализ ЭУМКД производится по процедуре, создаваемой пользователем;
- процедура создается путем формирования набора экспертных и автоматических критериев из базы показателей;
- расчет автоматических критериев производится на основе программной обработки текстового контента ЭУМКД;
- расчет экспертных критериев производится путем заполнения экспертом заранее созданной формы-опросника;
- одна и та же процедура может быть применена для анализа различных ЭУМКД;
- критерии могут объединяться в составные показатели;
- результатами работы инструментальной системы являются рассчитанный рейтинг ЭУМКД и вычисленный план модернизации.

В соответствии с Руководством к своду знаний по программной инженерии SWEBOOK (Guide to the Software Engineering Body of Knowledge) [89] перечисленные тезисы можно интерпретировать как первичные требования заказчика (образовательной организации) к программному продукту. Согласно SWEBOOK, данные требования инициируются в начале проекта, дополняются и уточняются участниками:

- *пользователями* – методистами и специалистами соответствующих структурных подразделений, которые непосредственно занимаются анализом учебного контента и задачами модернизации ЭУМКД;
- *инженерами по программному обеспечению* – лицами, отвечающими за интеграцию инструментальной системы в техническую инфраструктуру образовательной организации с целью обеспечения доступа к анализируемому контенту.

В результате работы с требованиями всех заинтересованных лиц были получены *функциональные* и *нефункциональные* требования к разрабатываемому программному продукту.

Функциональные требования описывают функциональные задачи программного продукта. Система должна:

- 1) формировать и использовать базу данных ЭУМКД;
- 2) иметь базу знаний по критериям с возможностью включать и модернизировать критерии оценки;
- 3) предоставлять возможность формирования процедуры вычисления матрицы оценок путем включения или удаления критериев оценки из базы знаний;
- 4) манипулировать матрицей оценок элементов ЭУМКД;
- 5) формировать вектор обобщённых оценок ЭУМКД;
- 6) манипулировать матрицей предпочтений критериев и формировать вектор весовых коэффициентов (коэффициент значимости критерия);
- 7) вычислять итоговую оценку конкретного ЭУМКД и множества ЭУМКД;
- 8) представлять рейтинг, вектор обобщённых оценок, вектор коэффициентов предпочтений и матрицу оценок в удобочитаемой форме;
- 9) формировать интерактивные формы для работы экспертов по оценке элементов ЭУМКД;

- 10) формировать отчеты по работе экспертов и своевременно сообщать о проблемах лицу, осуществляющему мониторинг работы системы;
- 11) формировать и использовать базу данных по экспертам ЭУМКД, а также историю проведенных ими экспертиз;
- 12) формировать базу данных истории рейтинга ЭУМКД.

Нефункциональные и системные требования определяют условия и среду выполнения функций.

1. *Технологическая платформа и среда эксплуатации.* В качестве среды эксплуатации системы выбрана среда Интернет, соответственно, реализация программного обеспечения должна быть основана на технологиях и языках веб-программирования. Преимущества такой реализации:

- возможность интеграции с системами дистанционного обучения организаций, которые в большинстве своём являются клиент-серверными приложениями;
- возможность подключать к системе пользователей (в том числе экспертов) без необходимости установки специального программного обеспечения;
- с точки зрения потенциальной коммерциализации, стоимость приобретения сервиса анализа ЭУМКД будет более доступной по сравнению с настольным программным обеспечением ввиду того, что целевая аудитория пользуется услугами системы вместо приобретения всего программного комплекса;
- независимость от операционной системы и снижение квалификации пользователя (для работы требуется только веб-браузер).

2. *Технологии реализации.* С учетом выбранной среды эксплуатации инструментальная система должна представлять собой клиент-серверное приложение, построенное на соответствующем стеке технологий. В качестве серверной стороны

могут выступать языки Python, PHP, Java, .Net и другие. В качестве клиентской стороны могут быть выбраны фреймворки веб-верстки Bootstrap, Bulma, Semantic UI и другие. Преимущества одних технологий перед другими явно не обозначены, поэтому выбор конкретного стека может быть произведен на этапе программной реализации.

3. *Поддерживаемый формат контента.* Поскольку одной из задач системы является автоматический анализ текстового содержания ЭУМКД, важно определить формат контента, с которым система сможет работать. Самыми распространенными форматами представления учебного контента среди образовательных организаций являются PDF и HTML [90]. Файлы, представленные в формате PDF, могут содержать неструктурированные данные, в силу чего их обработка является затруднительной, а в ряде случаев невозможной в принципе. В то же время формат HTML является стандартом, который предъявляет определенные требования к структуре описываемой информации и позволяет производить обработку HTML-контента внешними приложениями и системами. В этой связи для разрабатываемой инструментальной системы в качестве поддерживаемого формата обработки и анализа ЭУМКД выбран формат HTML.

Еще одним популярным форматом представления учебного контента является формат файлов текстового редактора MS Word, однако в большинстве случаев такие файлы могут быть преобразованы в HTML-представление, над которым можно в дальнейшем производить требуемые операции.

Ключевыми пользователями инструментальной системы являются:

- специалисты по созданию и сопровождению ЭУМКД (методисты);
- эксперты, участвующие в процедуре оценки ЭУМКД.

Рассмотрим эти роли подробнее на основе диаграммы вариантов использования (рис. 3.1).

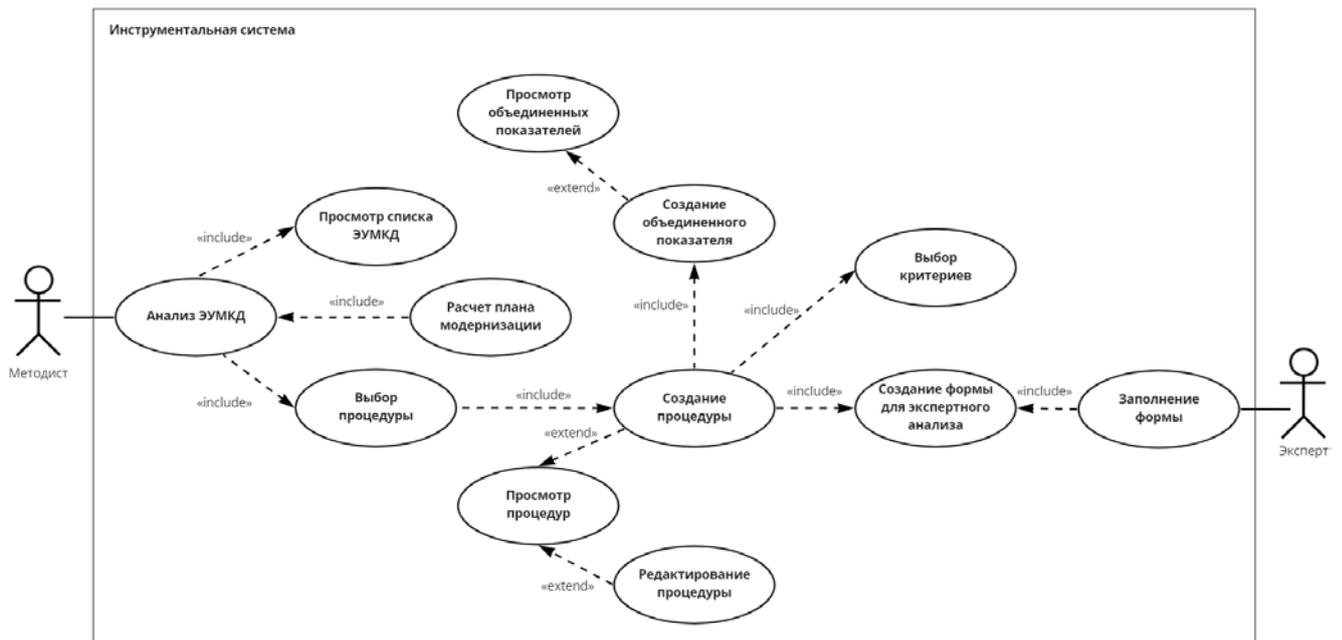


Рис. 3.1 – Диаграмма вариантов использования инструментальной системы
Роль «Методист»

1. Основными задачами методиста при работе с инструментальной системой являются анализ ЭУМКД и расчет плана модернизации. При этом последняя выполняется на основе первой.

2. Анализ ЭУМКД производится посредством выбора из списка ЭУМКД нужного (одного, нескольких или всех), а также выбора процедуры, по которой предполагается выполнение анализа.

3. Процедура создается путем формирования набора автоматических и экспертных критериев. Критерии выбираются из библиотеки (базы) зарезервированных критериев. Также имеется возможность создания объединенных показателей. Все создаваемые сущности можно редактировать (удалять, изменять).

4. Если в процедуру включаются экспертные показатели, то для получения значений по ним (для рассматриваемых ЭУМКД в рамках процедуры) формируется анкета, которая в дальнейшем передается эксперту.

Роль «Эксперт»

1. Задача эксперта сводится к заполнению формы анализа ЭУМКД.

2. Данные с заполненной формы используются в процедуре в вычислениях и при финальном расчете рейтинга ЭУМКД.

Для наглядного представления последовательности взаимодействия пользователей с системой на рисунке 3.2 приведена диаграмма последовательности в масштабе основных вариантов использования (время на диаграмме направлено сверху вниз, отражается только последовательность событий, но не точный их порядок во времени) [91].

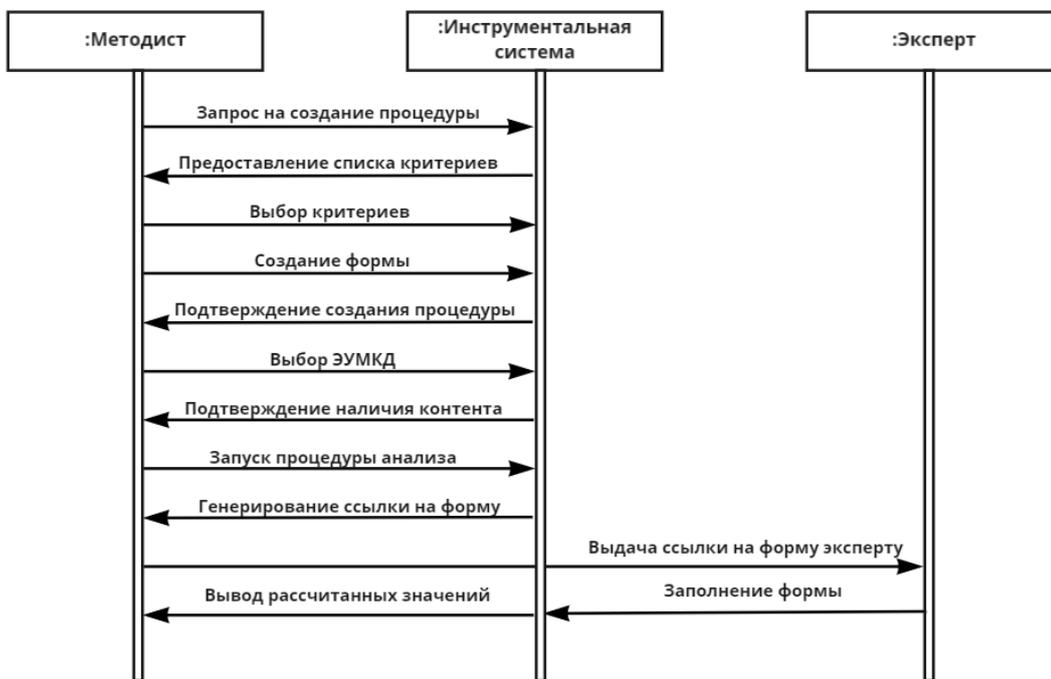


Рис. 3.2 – Диаграмма последовательности взаимодействия пользователя и эксперта с инструментальной системой

Из диаграммы видно:

1. Методист инициализирует запрос на создание процедуры.
2. Система предоставляет методисту информацию об имеющихся в базе критериях.
3. Методист производит создание процедуры, включая в неё необходимые критерии.
4. Если в процедуру включаются экспертные критерии, методист также создает форму опроса.

5. Система возвращает подтверждение создания процедуры. Созданная процедура попадает в базу процедур, далее методист переходит к этапу анализа.
6. Методист инициализирует задачу анализа ЭУМКД, система предоставляет информацию об имеющихся в базе ЭУМКД, в результате чего методист выбирает необходимые для анализа комплексы.
7. Система возвращает информацию о возможности произвести по выбранным позициям анализ (производится проверка наличия контента, который может быть обработан программными алгоритмами).
8. Методист инициализирует запуск процедуры. Если процедура включала в себя экспертные критерии, то система формирует веб-ссылку, которая передается эксперту. Данная ссылка ведет на заполняемую форму по анализируемому(ым) ЭУМКД.
9. До тех пор пока эксперт не произведет заполнение формы, завершение процедуры отложено. Как только система получит данные о том, что эксперт закончил работу с формой, инициализируются следующие расчетные этапы процедуры и финальные результаты выводятся методисту.

3.2 Общая структура инструментальной системы

Общая структура инструментальной системы представлена на рисунке 3.3. Рассмотрим её подробнее.

1. Программный комплекс разворачивается на сервере под управлением ОС Linux Ubuntu.
2. Архитектура комплекса представлена двумя подсистемами: веб-приложением на серверном фреймворке (например, Django), а также системой управления базами данных (например, MySQL).
3. Веб-приложение является главной исполняющей программой и состоит из двух компонент: АА (алгоритм анализа) – компонента, отвечающая за об-

работку (парсинг) контента и реализацию математических вычислений; ОК (основной компонент) – компонента, отвечающая за пользовательский интерфейс, а также являющаяся узлом интеграции с внешними системами.

4. База данных (БД) отвечает за хранение анализируемого контента, а также данных по критериям, процедурам, вычисленным значениям, включая историю анализа ЭУМКД.

5. Работа пользователя (методиста) с инструментальной системой производится через HTTP-протокол посредством веб-браузера.

6. Инструментальная система интегрируется посредством программного интерфейса (API) с системой дистанционного обучения (например, СДО Moodle). Целью данной интеграции является обращение к базе данных СДО и последующее получение контента ЭУМКД для анализа.

7. Для реализации экспертного опроса могут быть использованы внешние веб-сервисы, например Google Forms (на данный момент наиболее популярный сервис для организации удаленных опросов). Это позволит сократить затраты на реализацию соответствующего функционала и упростить процедуру включения экспертов в мероприятия по анализу ЭУМКД. Интеграция с сервисом опроса производится через API. На своей стороне сервис хранит данные по результатам опроса, а также непосредственно сами опросные анкеты.

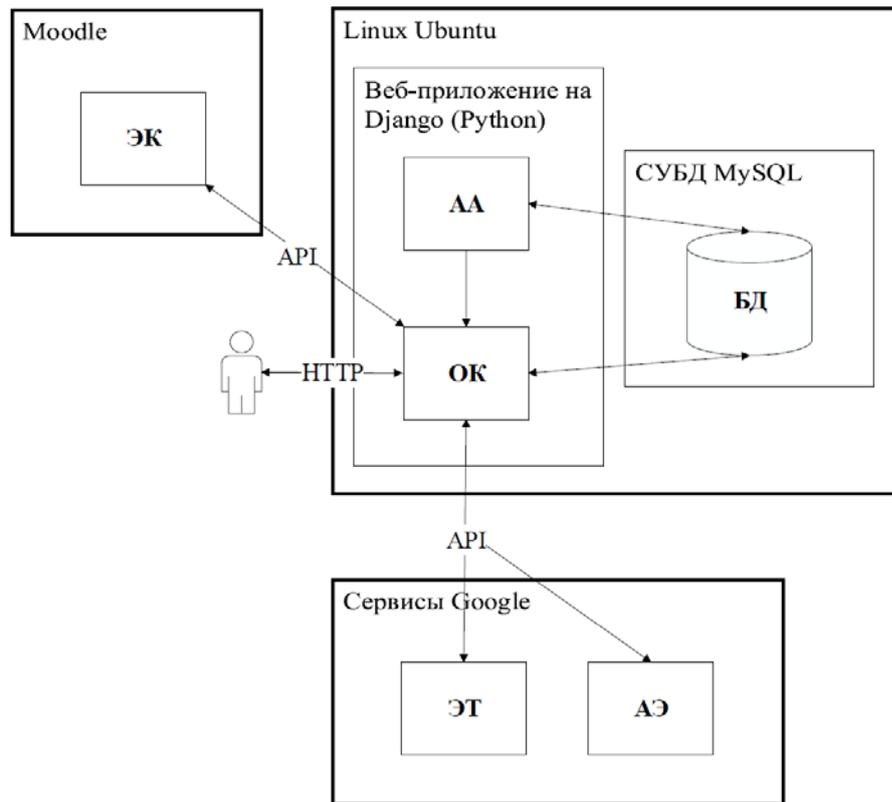


Рис. 3.3 – Общая структура инструментальной системы:

ЭК – электронный курс; АА – алгоритм анализа;
 ОК – основной компонент; БД – база данных;
 ЭТ – электронная таблица; АЭ – анкета эксперта

Проследить направления данных на более детализированном уровне можно на диаграмме потока данных, представленной на рисунке 3.4.

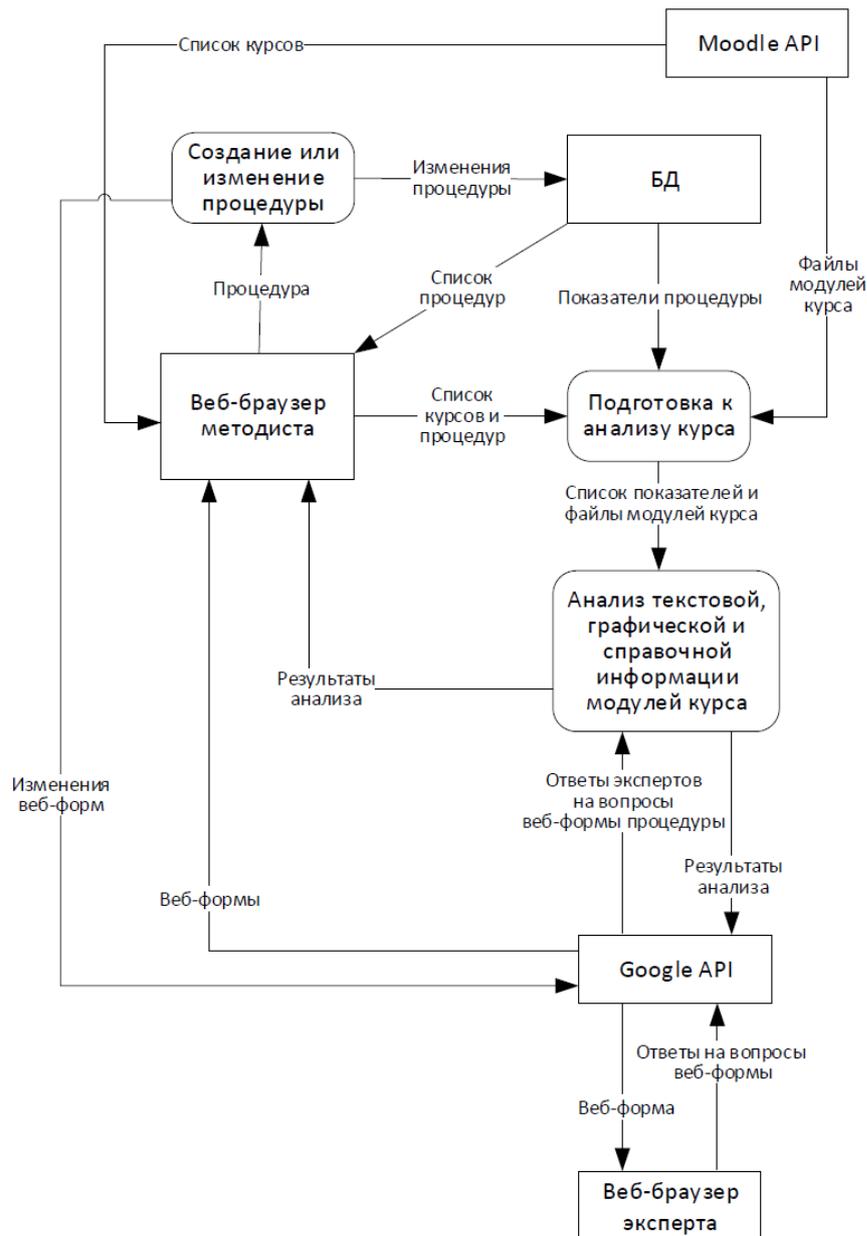


Рис. 3.4 – Диаграмма потоков данных

3.3 Программная реализация инструментальной системы

Полученная инструментальная система представляет собой веб-сервис, реализованный на языке программирования Python с использованием фреймворка Django (серверная часть) и фреймворка Bootstrap (клиентская часть).

Структура классов реализованного программного комплекса представлена на рисунке 3.5.

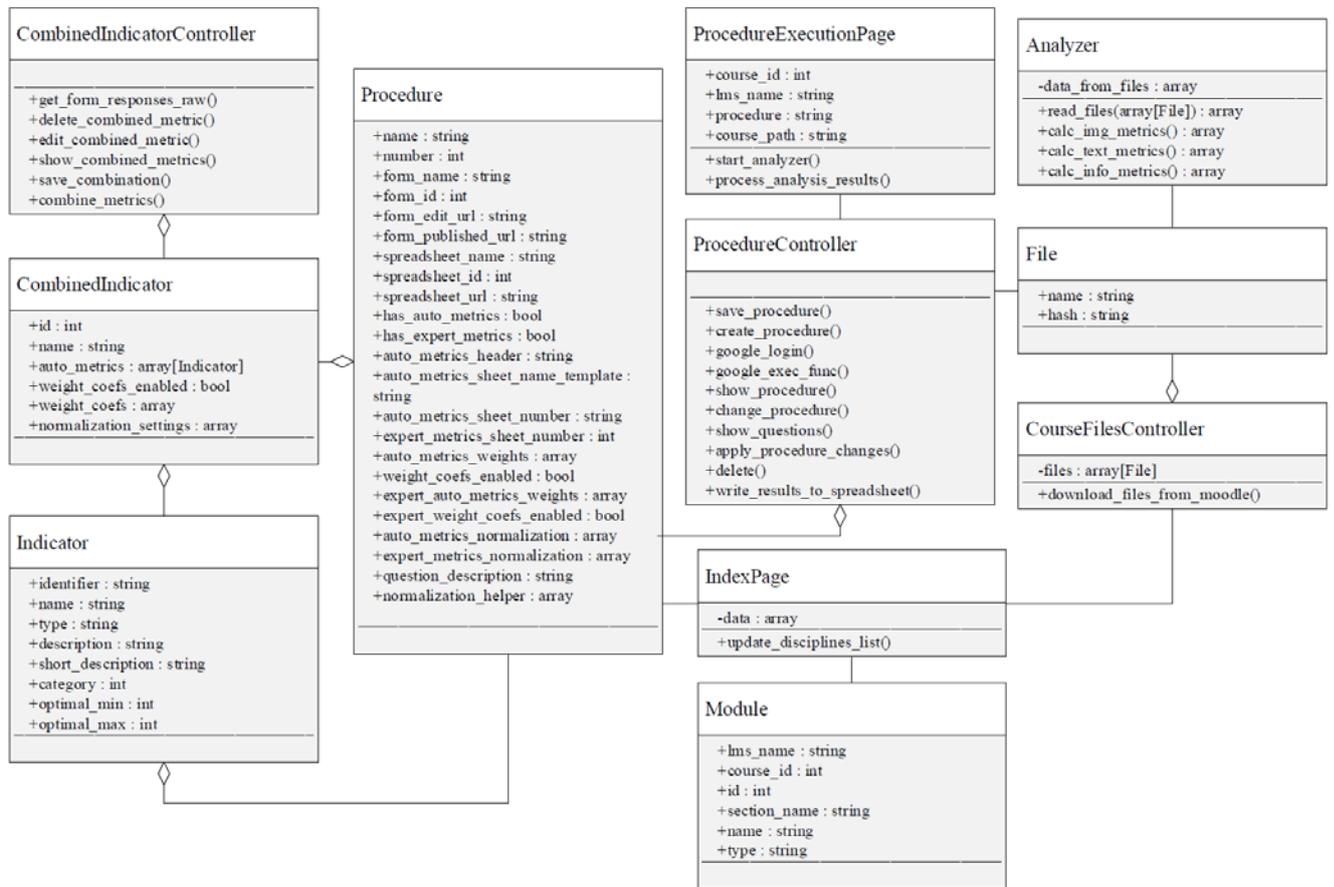


Рис. 3.5 – Структура классов реализованной инструментальной системы

Класс *Procedure* описывает процедуру, в основном переменные ее состояния: название, ссылка на форму Google, ссылка на электронную таблицу Google, перечень автоматических показателей, перечень экспертных показателей. Включает коллекцию экземпляров классов *Indicator* и *CombinedIndicator*. Ссылается на экземпляр *IndexPage*. Экземпляры этого класса являются элементами коллекции класса *ProcedureController*.

Класс *Indicator* описывает автоматический или экспертный показатель, в частности идентификатор, тип, описание, интервал оптимальных значений. Экземпляры этого класса являются элементами коллекции класса *Procedure*, а также класса *CombinedIndicator*.

Класс *CombinedIndicator* описывает объединенный показатель, состоящий из множества автоматических или экспертных показателей. Экземпляры этого класса

являются элементами коллекции класса *Procedure*. Включает коллекцию экземпляров класса *Indicator*.

Класс *CombinedIndicatorController* описывает, в основном, поведение системы в процессе работы с объединенными показателями: реализует обработку веб-формы, удаление, редактирование, отображение, создание объединенных показателей. Включает коллекцию экземпляров класса *CombinedIndicator*.

Класс *IndexPage* описывает основной интерфейс веб-страниц системы (работа с процедурами, модулями курсов и файлами модулей курсов), ссылаясь, в частности, на экземпляры классов *Procedure*, *Module* и *CourseFilesController*.

Класс *Module* описывает абстракцию над модулем курса Moodle, в частности: название, идентификатор курса, название темы, вид модуля. Ссылается на экземпляр класса *IndexPage*.

Класс *CourseFilesController* описывает поведение системы в процессе работы с файлами модулей курса Moodle: выполняет загрузку и хранение таких файлов. Ссылается на экземпляр класса *IndexPage*. Включает коллекцию экземпляров класса *File*.

Класс *ProcedureController* описывает поведение системы в процессе работы с процедурами: сохранение, создание, взаимодействие с Google, отображение, редактирование, удаление. Включает коллекцию экземпляров класса *Procedure*. Ссылается на экземпляры классов *File* и *ProcedureExecutionPage*.

Класс *ProcedureExecutionPage* описывает, в основном, поведение системы в процессе работы процедуры анализа, в частности: хранение сведения о идентификаторе курса, названии СДО, названии процедуры, а также поведение – работу процесса анализа и обработку и вывод его результатов. Ссылается на экземпляр класса *ProcedureExecutionPage*.

Класс *File* описывает файл: название и хэш-код. Ссылается на экземпляры классов *Analyzer* и *ProcedureController*. Экземпляры этого класса содержатся в коллекции класса *CourseFilesController*.

Класс *Analyzer*, как и класс *ProcedureExecutionPage*, описывает поведение системы в процессе анализа, но в отличие от него более сосредоточен на математических расчетах автоматических (графических, текстовых и справочных) показателей. Ссылается на экземпляры класса *File*.

Структура базы данных (БД) инструментальной системы представлена на рисунке 3.6. Все таблицы БД можно условно разделить на две основные группы: стандартные таблицы, поставляющиеся вместе с фреймворком веб-приложений Django, и таблицы (дополнительные), реализованные в соответствии с логикой бизнес-процессов инструментальной системы.

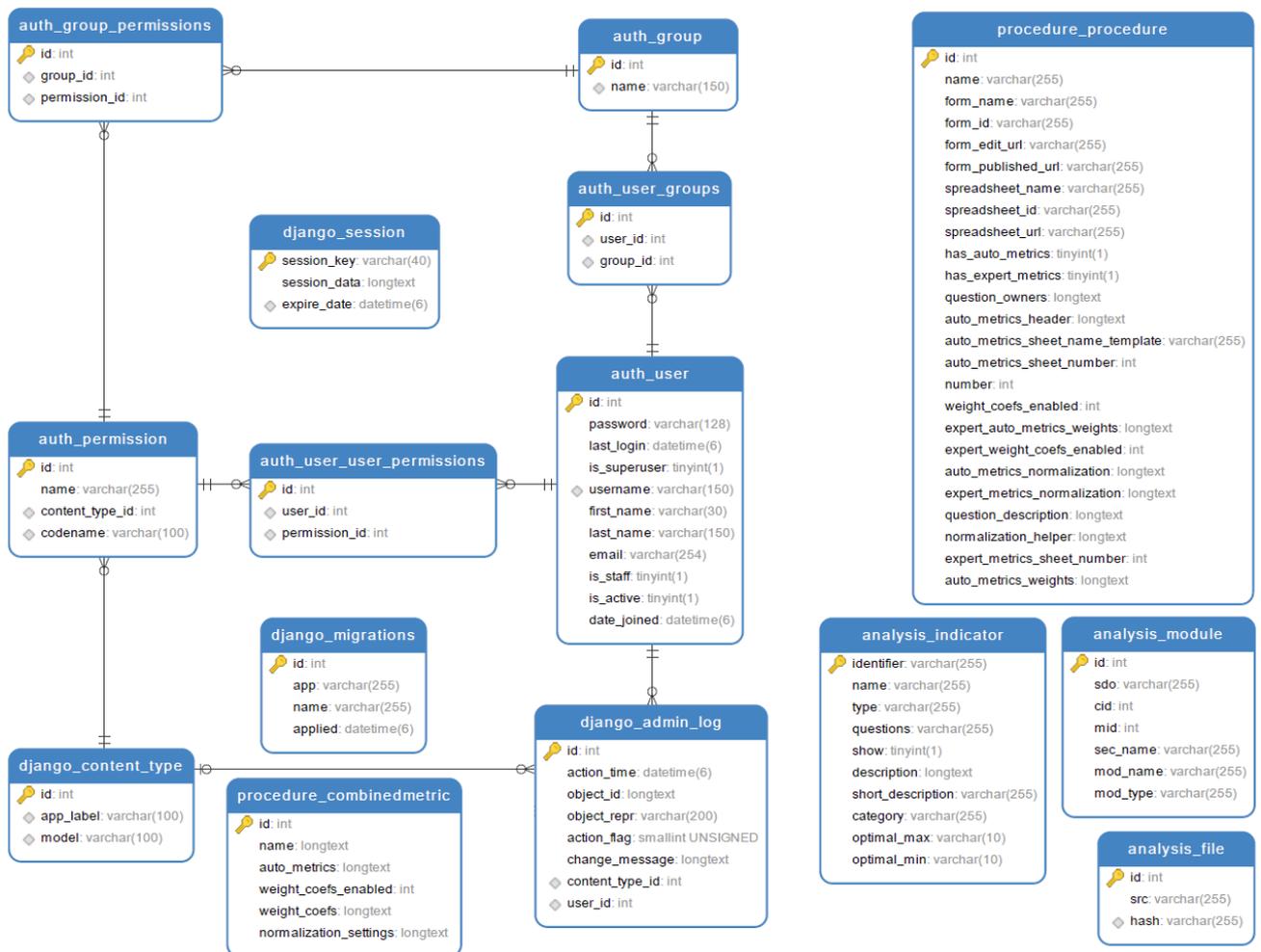


Рис. 3.6 – Структура базы данных реализованной инструментальной системы

Объекты хранения стандартных таблиц:

- `django_migrations`: сведения о миграциях БД с указанием, в частности, компонента, названия и отметки времени;
- `django_content_type`: сведения о соотношениях компонентов приложения и моделей (в значении из терминологии архитектурного шаблона Model – Template – Views);
- `django_session`: сведения о сессиях посетителей веб-сайта системы анализа, в частности ключ сессии, данные сессии и время истечения срока действия.

Дополнительные таблицы:

- `procedure_procedure`: сведения о процедуре анализа, в частности, название, ссылка на форму Google, ссылка на электронную таблицу Google, перечень автоматических показателей, перечень экспертных показателей;
- `analysis_idicator`: перечень сведений об автоматических показателях, в частности название, тип, описание, интервал оптимальных величин;
- `procedure_combinedmetric`: перечень объединенных показателей;
- `analysis_module`: сведения о модулях курса;
- `analysis_file`: сведения о файлах модулей курса.

Прочие таблицы, представленные на рисунке, не участвуют в непосредственной работе инструментальной системы, однако являются неотъемлемой частью фреймворка Django, без которой работа системы невозможна.

Интерфейс полученной инструментальной системы представлен на рисунке 3.7. Объектом для анализа служит электронный ЭУМКД (текстовый контент, изображения, видеофайлы, аудиофайлы и др.). На главной странице пользователю предлагается список имеющихся в базе дисциплин. Чтобы проанализировать ЭУМКД, пользователю достаточно выбрать одну или несколько позиций из предложенного списка и выбрать процедуру, на основе которой будет проводиться анализ. Следующим этапом пользователь может отметить (выбрать) составные элементы выбранного (выбранных) ЭУМКД, которые необходимо проанализировать.

Далее программа вычислит автоматические показатели, результаты будут записаны в базу данных. Остаётся только дождаться ответов эксперта, чтобы получить рассчитанный итоговый рейтинг ЭУМКД.

TUSUR UNIVERSITY Система анализа ЭУМКД [Процедуры](#) [Объединенные показатели](#)

Выберите дисциплину *удерживайте Ctrl для выбора нескольких дисциплин*

- Профессиональные математические пакеты (new-online, 332)
- Education design (new-online, 661)
- Автоматизация конструкторского и технологического проектирования (new-online, 238)
- Автоматизация проектирования систем и средств управления (new-online, 162)
- Автоматизированное управление в технических системах (new-online, 181)
- Автоматизированные комплексы распределенного управления (new-online, 163)
- Административное право (new-online, 422)
- Административное право (new-online, 569)
- Административное право (вебинар) (new-online, 637)
- Анализ данных (new-online, 364)
- Аналоговая схемотехника (new-online, 335)
- Аналоговые и цифровые быстродействующие устройства (new-online, 164)
- Английский язык (English I) (new-online, 428)
- Английский язык - 2 (English II) (new-online, 426)
- Английский язык - 3 (English III) (new-online, 129)
- Английский язык - 4 (English IV) (new-online, 427)
- Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ (new-online, 455)
- Арбитражный процесс (new-online, 716)
- Арбитражный процесс (вебинары) (new-online, 117)
- Архитектура предприятия (new-online, 89)

Выберите процедуру

pmu (thesis - so zn kriter) ▾

Далее

Рис. 3.7 – Интерфейс инструментальной системы (главная страница)

В системе реализована возможность создавать, изменять и удалять процедуры, для чего также предусмотрен интерфейс (рис. 3.8).

Система анализа ЭУМКД

Процедуры Объединенные показатели

Создание процедуры

Название процедуры

Автоматические показатели Экспертные показатели

Использовать весовые коэффициенты
(для периодических дробей рекомендуется указывать от 4-х знаков после запятой)

| № | Название показателя | Описание показателя | Весовые коэффициенты |
|----|---|---|----------------------|
| 1 | Абстрактность Параметры нормализации ▾ | + Доля слов в тексте, обозначающих абстрактные смысловые объекты, то есть такие, которые не доступны непосредственному чувственному восприятию. | |
| 2 | Среднее число иллюстраций на странице Параметры нормализации ▾ | + Отношение числа изображений на странице к числу страниц. | |
| 36 | Относительный контраст изображения Параметры нормализации ▾ | + Отношение производной контраста к максимальной яркости изображения. | |
| 37 | Водность Параметры нормализации ▾ | + Процент содержания в тексте ничего не значащих, не несущих полезной информации слов (стоп-слов). | |

Создать процедуру

Рис. 3.8 – Интерфейс инструментальной системы (страница создания процедуры)

Анализ текстового контента и изображений происходит автоматически. Критерии, на основе которых производится анализ, прописаны в коде приложения, однако пользователь имеет возможность исключить из процедуры ряд критериев, если они не требуются для анализа конкретного ЭУМКД.

Для получения данных по экспертным критериям привлекается эксперт, для этого достаточно предоставить ему ссылку на Google-форму. Задача эксперта – ответить на вопросы относительно анализируемого контента, которые представлены в форме. Когда эксперт заполнит форму и отправит свои ответы в обработку, они будут записаны в сервисе Google Spreadsheets, откуда система посредством API сможет их получить и учесть для расчета итогового рейтинга ЭУМКД. Система с некоторой периодичностью отправляет запросы в сервис Google и тем самым отслеживает изменения по интересующим таблицам. Когда ответы эксперта появятся

в соответствующей Google-таблице, на стороне инструментальной системы производится итоговый расчет рейтинга ЭУМКД. Результаты и история анализа ЭУМКД записываются в базу данных системы.

Для оптимизации скорости работы приложения файлы всех доступных ЭУМКД организации предварительно скачиваются на сервер инструментальной системы. Если в момент анализа ЭУМКД выяснится, что файлы на сервере отсутствуют (например, в организации появился новый ЭУМКД), они автоматически будут скачаны и использованы во всех последующих запусках процедур анализа. Для пользователя также дополнительно реализован интерфейс, который позволяет обновить уже скачанные ранее файлы или скачать файлы недавно созданных ЭУМКД.

В системе реализована проверка на корректность проведения процедуры: в случае, если процедура содержит автоматические показатели, а выбранный ЭУМКД не обеспечен контентом, возникнет ошибка, о которой система сообщит пользователю.

Выводы по главе 3

1. Разработанная система требований на основе стандарта SWEBOOK позволяет учесть требования всех заинтересованных лиц, методистов, специалистов соответствующих структурных подразделений, которые непосредственно занимаются анализом учебного контента и задачами модернизации ЭУМКД, и инженеров по программному обеспечению.

2. Выбранная архитектура программной системы базируется на веб-технологиях, обеспечивает одновременную работу разных специалистов и позволяет обрабатывать учебный контент в форматах системы дистанционного обучения Moodle.

3. Для программной реализации выбран язык программирования Python, обеспечивающий поддержку развитых пакетов обработки баз данных, клиент-серверных приложений, математических библиотек и библиотек обработки разнообразных форматов представления данных.

4 ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ТУСУР

4.1 Анализ учебного контента системы электронного обучения ТУСУР

На факультете дистанционного обучения (ФДО) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) используется система Moodle, в которой имеется около 690 электронных курсов, 496 из них используются в образовательном процессе и подлежат анализу. Разработанная инструментальная система оценивает электронные курсы, в которых учебный контент представлен пакетами IMS содержимого [92]. Всего таких электронных курсов на ФДО ТУСУР – 298, из них: инженерные – 94, гуманитарные – 16, физико-математические – 23, прочее – 15.

В категорию «Прочее» вошли курсы по таким дисциплинам, как «Проектный практикум», «Учебно-исследовательская работа», «Научно-исследовательская работа в семестре» и др., которые не относятся ни к одной из указанных категорий.

В соответствии с онтологической моделью и методикой оценивания, представленными в главе 2, анализ учебного контента ФДО необходим для определения текущего уровня множества электронных курсов и определения критериев, по которым можно совершенствовать электронные курсы.

Для оценки используются следующие критерии: абстрактность, удобочитаемость, водность, информационная насыщенность, степень креолизации, объем иллюстраций, равномерность распределения иллюстраций, уровень справочной информации.

Абстрактность – критерий, показывающий уровень абстрактных слов (оканчивающихся на -ние, -изм, -ость, -есть и др.) в учебном тексте. Чем выше значение этого критерия, тем сложнее текст для восприятия студентами (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Шкала для оценки абстрактности

| Уровень понятности | Количество абстрактных существительных (на 100 слов текста) |
|---------------------|---|
| Очень легко понять | До 4 |
| Легко понять | 5–8 |
| Понятно | 9–15 |
| Трудно понять | 16–20 |
| Очень трудно понять | 21 и более |

На рисунке 4.1 представлено распределение значений критерия абстрактности по электронным курсам ФДО. Интервал значений от 19.1 до 32.83 разбит на 26 подынтервалов. Как видно из графика распределения и таблицы уровней сложности, большинство электронных курсов имеют уровни абстрактности «Трудно понять» или «Очень трудно понять» (значение критерия 16 и выше). Это свидетельствует о необходимости использовать этот критерий для анализа качества электронных курсов и, соответственно, необходимости модернизировать последние для снижения абстрактности текста.

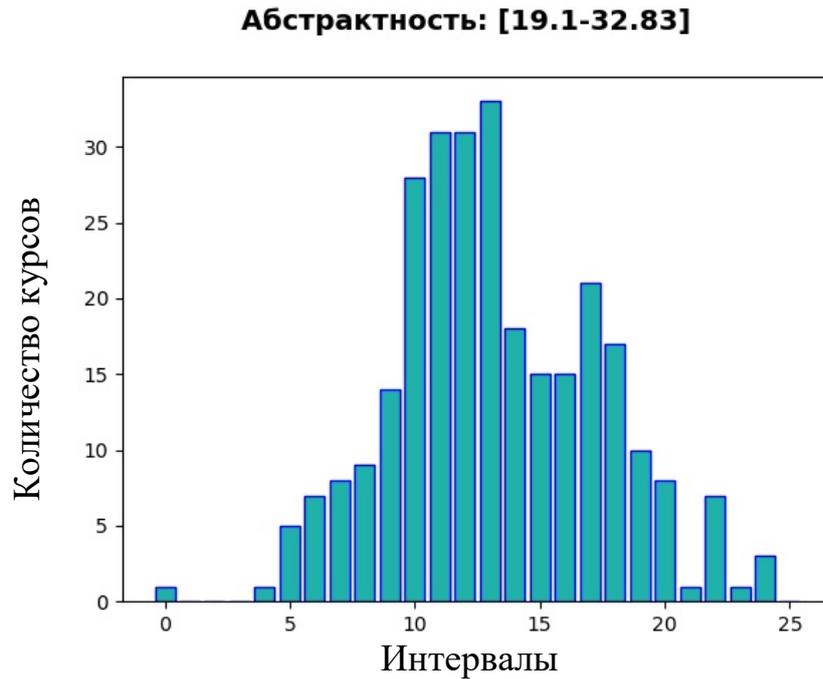


Рис. 4.1 – Распределение электронных курсов по значению критерия «Абстрактность»

Индекс удобочитаемости является мерой определения сложности восприятия текста читателем. Для этого критерия известна шкала [67], представленная в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Шкала для оценки удобочитаемости

| Показатель | Уровень образования |
|------------|--------------------------------|
| 17–20 | Выпускник колледжа или вуза |
| 13–16 | Студент колледжа или вуза |
| 11–12 | Учащийся старших классов школы |
| 9–10 | Учащийся средних классов школы |
| 6–8 | Учащийся начальной школы |

На рисунке 4.2 представлено распределение базы электронных курсов по данному критерию. Интервал принимаемых значений от 2.86 до 10.59 разбит на

26 подынтервалов. Анализируя полученное распределение, можно сделать вывод о том, что данный показатель для многих электронных курсов имеет низкое значение (7–8,5).



Рис. 4.2 – Распределение электронных курсов по значению критерия «Удобочитаемость»

Водность текста – это процент содержания в нем ничего не значащих, не несущих полезной информации слов (стоп-слов).

При расчете водности текста используют метрики, представленные в таблице 4.3 [67].

Таблица 4.3 – Шкала для оценки водности

| Показатель | Интерпретация |
|------------|--|
| До 15% | Отсутствие «воды» в тексте |
| 15–30% | Естественное содержание «воды» в тексте |
| 31–60% | Повышенное содержание «воды» в тексте |
| Более 60% | Очень высокое содержание «воды» в тексте |

Максимально допустимым показателем водности считается 60%.

На рисунке 4.3 представлено распределение базы электронных курсов по данному критерию. Интервал принимаемых значений от 1.13 до 11.98 разбит на 26 подынтервалов. Представленное распределение показывает, что все электронные курсы ФДО имеют показатель меньше 15%, что говорит об отсутствии «воды» в тексте.

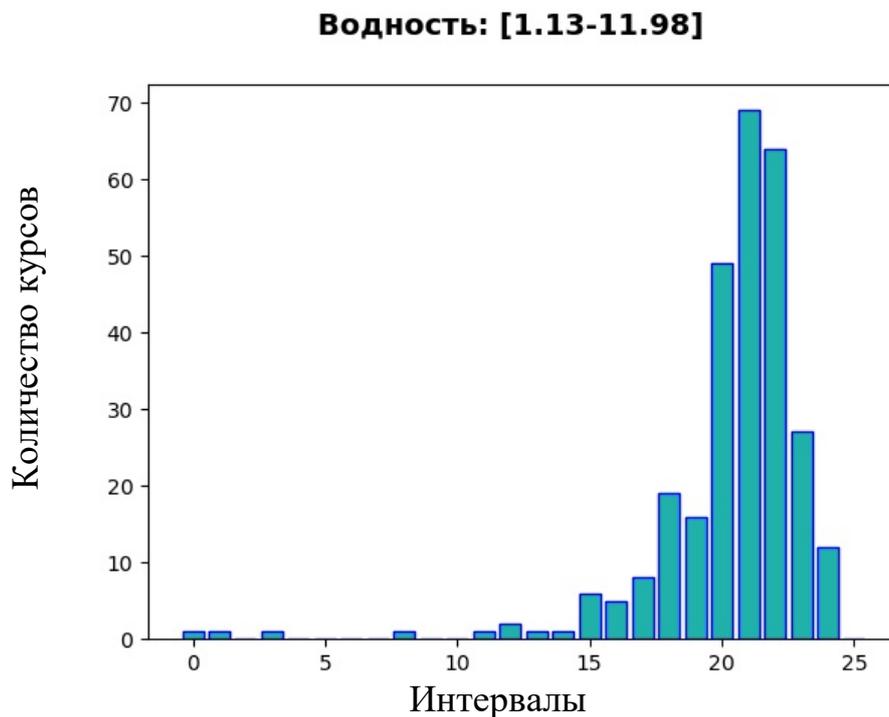


Рис. 4.3 – Распределение электронных курсов по значению критерия «Водность»

Информационная насыщенность оценивается по количеству введенных в текст новых понятий. На практике информационная насыщенность должна стремиться к 100%, т. е. текст должен быть максимально наполнен новой и полезной информацией, при этом минимальный порог этой оценки равен 30%. Если оценка упала ниже минимального порога, значит электронный курс почти не несет в себе новой информации для студента.

На рисунке 4.4 представлено распределение базы электронных курсов по данному критерию. Интервал значений от 24.77 до 90.13 разбит на 26 подынтервалов. Анализ этого распределения показывает низкую информационную насыщенность

большинства электронных курсов ФДО (24–38%), что является основанием включения данного критерия в систему оценивания и проведение модернизации электронных курсов.

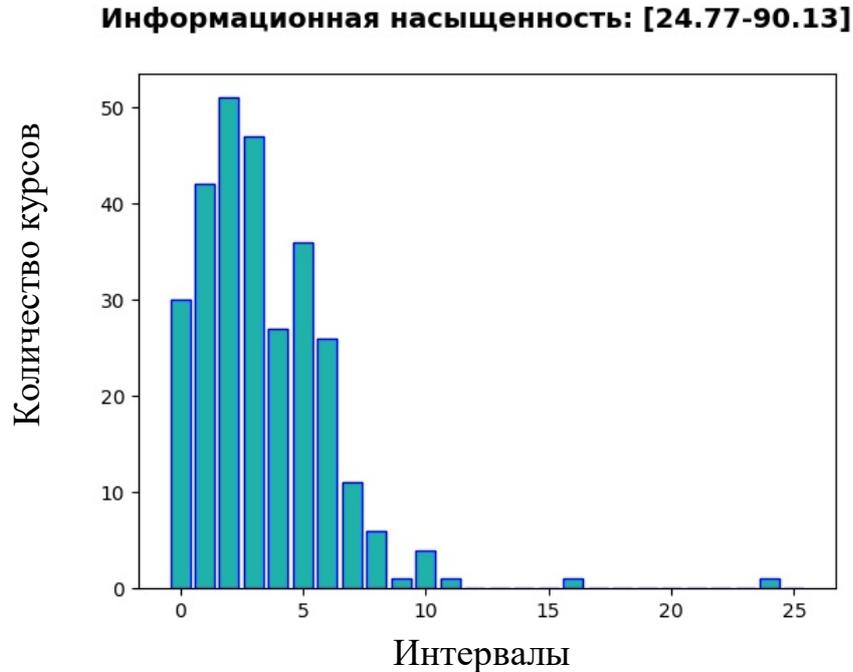


Рис. 4.4 – Распределение электронных курсов по значению критерия «Информационная насыщенность»

Степень креолизации измеряется на основе вычисления отношения:

$$\alpha = \frac{\sum_{t \in T} C_t}{V},$$

где C_t – объем креолизованного текста класса t , V – общий объем текста.

На рисунке 4.5 показано распределение электронных курсов ФДО по степени креолизации, интервал принимаемых значений от 0 до 1 разбит на 26 подынтервалов. Анализ этого распределения показывает удовлетворительную степень креолизации для большинства электронных курсов ФДО.

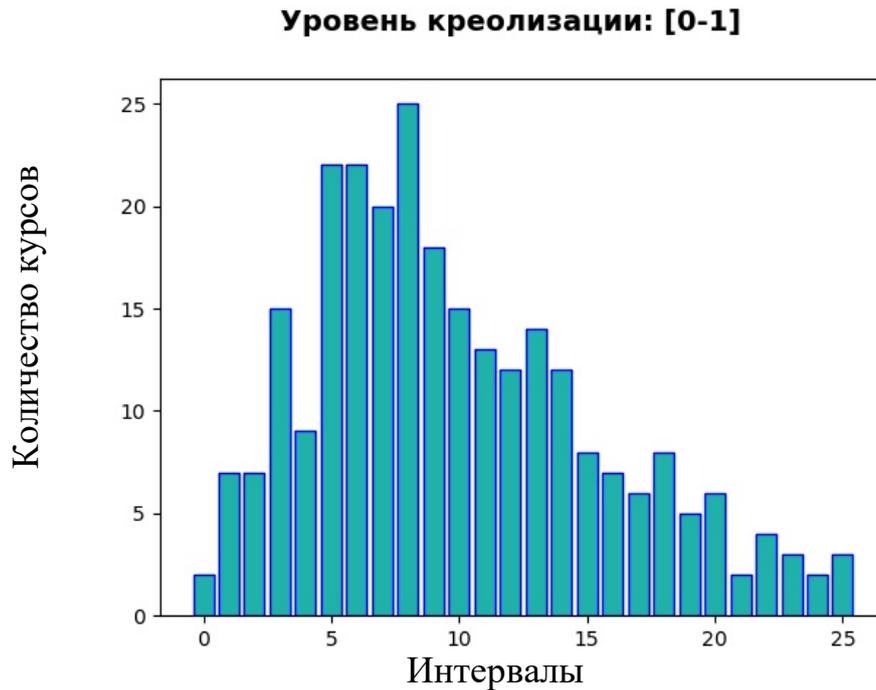


Рис. 4.5 – Распределение степеней креолизации электронных курсов ФДО

Объем иллюстраций показывает общее число иллюстраций в электронном курсе. На рисунке 4.6 показано распределение электронных курсов ФДО по числу иллюстраций, интервал принимаемых значений от 0 до 182 разбит на 26 подынтервалов. Представленное распределение показывает, что все электронные курсы ФДО имеют малое количество иллюстраций или не имеют их совсем, что показывает необходимость проведения модернизации электронных курсов по данному критерию.



Рис. 4.6 – Распределение электронных курсов по числу иллюстраций

Равномерность распределения иллюстраций (R_u) показывает среднее число иллюстраций на страницу и вычисляется по формуле:

$$R_u = \frac{V_u}{V_o} \cdot 100\% ,$$

где V_u – объем иллюстраций в тексте, V_o – общий объем в страницах. Так, для учебных изданий этот критерий имеет границу 10-40%, что предполагает 5-12 иллюстраций на один печатный лист.

На рисунке 4.7 показано распределение электронных курсов ФДО по среднему числу иллюстраций, интервал принимаемых значений от 0 до 3.73 разбит на 26 подынтервалов.

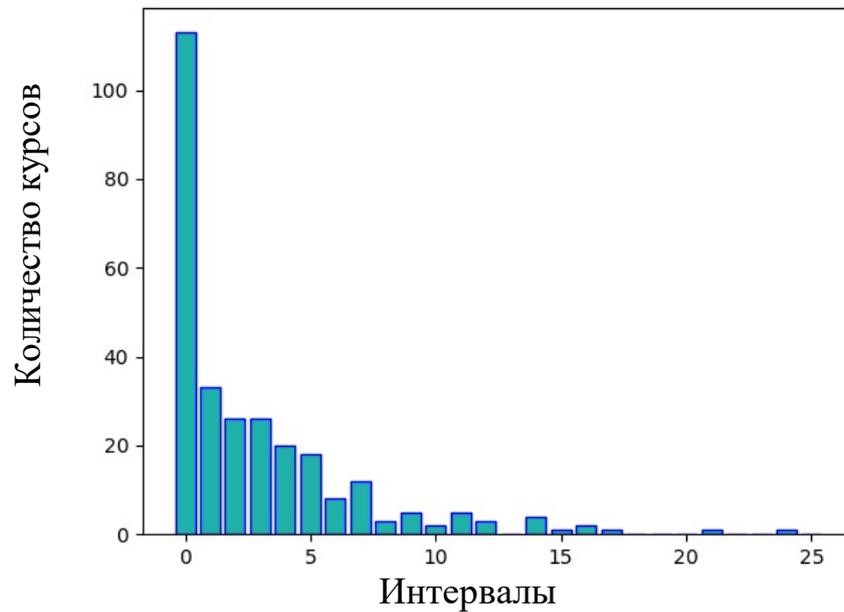
Среднее число иллюстраций на странице: [0-3.73]

Рис. 4.7 – Распределение электронных курсов по среднему числу иллюстраций на странице

Для оценки *уровня справочной информации* проверяется наличие и объем (количество терминов, иллюстраций, таблиц) следующих элементов:

1. Глоссарий.
2. Предметный указатель.
3. Именной указатель.
4. Географический указатель.
5. Хронологический указатель.
6. Список иллюстраций.
7. Список таблиц.
8. Список сокращений.
9. Среда ссылок на разделы (страницы, таблицы, рисунки (иллюстрации), формулы, литература).
10. Список литературы.
11. Списки сокращений и условных обозначений.

Формируется список L_i (элемент, объем). Затем производится суммирование по списку и нормализация. На рисунке 4.8 показано распределение уровней справки для множества электронных курсов ФДО (интервал принимаемых значений от 0 до 1 разбит на 26 подынтервалов). Анализ этого распределения показывает, что большинство электронных курсов имеют среднее значение. Однако присутствуют и такие электронные курсы, которые имеют очень низкие значения, близкие к нулю.

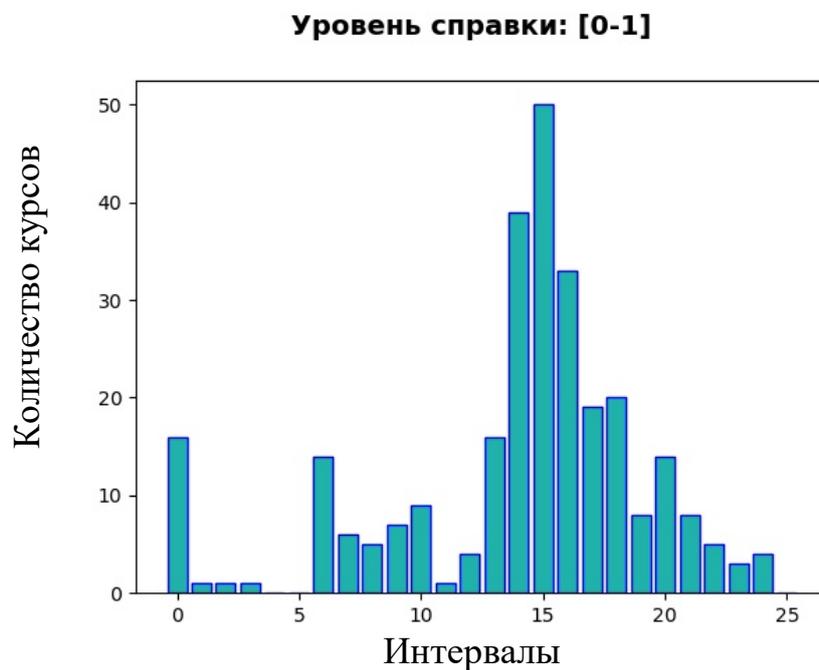


Рис. 4.8 – Распределение уровней справочной информации электронных курсов ФДО

Анализ текущего состояния базы электронных курсов ФДО показал, что большинство электронных курсов имеют высокий уровень абстрактности (текст трудно или очень трудно понять), низкую информационную насыщенность (малое количество новых понятий, введенных в тексте), низкую удобочитаемость (текст сложно воспринимается), низкую водность (малый процент содержания в тексте стоп-слов), малое общее количество иллюстраций и среднее число иллюстраций на страницу, удовлетворительную степень креолизации, среднее значение уровня справки.

Значения рассмотренных критериев находятся на уровне минимальных или средних, что является основанием для включения указанных критериев в систему оценивания ФДО и проведения по ним модернизации электронных курсов с целью повышения качества учебного контента, представленного в них в текстово-графическом виде.

Анализ базы ЭУМКД ФДО, локальных нормативных актов ТУСУР и других образовательных организаций высшего образования, а также основных проблем, которые возникают у студентов при изучении электронных курсов дисциплин [72, 96, 97] позволил выделить экспертные критерии для оценки и модернизации ЭУМКД:

1. Тестовые задания (ТЗ):

- Оценка степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций.
- Степень соответствия теоретическому материалу.
- Наличие требований к формированию билета (сколько ТЗ выдавать обучающемуся по каждой главе или теме).
- Распределение ТЗ по главам (модулям).
- Количество ТЗ генераторного типа.

2. Учебное видео:

- Степень соответствия теме модуля.
- Качество.
- Продолжительность.

Подобным образом формируется анкета для оценки учебного аудио.

3. Учебное пособие / курс лекций:

- Степень соответствия объема пособия общей трудоемкости дисциплины.
- Степень соответствия содержания пособия целям и задачам дисциплины.
- Степень соответствия содержания пособия результатам освоения дисциплины (компетенции, знания, умения и навыки).

- Степень соответствия названий глав пособия названиям разделов дисциплины.

- Степень соответствия объема глав пособия количеству часов, отведенному на их изучение.

4. Учебно-методическое пособие:

- Степень соответствия содержания пособия целям и задачам дисциплины.
- Степень соответствия заданий теоретическому материалу курса.
- Наличие системы оценивания (критериев оценивания) заданий.
- Наличие списка источников литературы (с теоретическим и/или практическим материалом), необходимых для выполнения заданий.

- Наличие требований к структуре и оформлению отчетов, которые пишут обучающиеся по итогу выполнения текстовой работы.

- Количество исходных вариантов тем/заданий.

5. Учебная презентация:

- Степень соответствия содержательной части презентаций теме модуля.
- Качество графической части презентаций (иллюстрации, таблицы, схемы и т. п.).

- Баланс текстовой и графической (иллюстрации, таблицы, схемы и т. п.) частей презентаций.

Полученные критерии позволяют оценить множество электронных курсов ФДО и являются основанием для их совершенствования.

4.2 Система оценивания электронных учебно-методических комплексов дисциплин

В соответствии с методикой построения системы оценивания качества учебного контента на первом шаге производится выбор критериев оценивания ЭУМКД. Подробно этот этап описан в п. 4.1.

На втором шаге формируется множество критериев в базе знаний. Здесь более подробно остановимся на процессе формирования анкет для проведения экспертных опросов.

Методика построения анкет основана на использовании Google Forms. Она включает:

- 1) запись названия анкеты и оцениваемого элемента ЭУМКД;
- 2) получение совокупности вопросов;
- 3) получение шкал для каждого вопроса;
- 4) формирование комментариев и подсказок;
- 5) использование конструктора анкет.

Анкеты для опроса экспертов вводятся как критерии оценки в базу знаний инструментальной системы и рассматриваются системой как критерий. Например, анкета для оценки учебного пособия на соответствие рабочей программе дисциплины представлена на рисунке 4.9.

Анкета для эксперта

Уважаемый эксперт!
 Ответьте на представленные далее вопросы для оценки соответствия учебного пособия рабочей программе дисциплины. Это займет у вас не более 30 минут
 * обязательно

Оцените степень соответствия объема пособия общей трудоемкости дисциплины по шкале от 0 до 2, где: 0 - не соответствует; 1 - частично соответствует; 2 - соответствует *

на соответствует 0 1 2 соответствует

Оцените степень соответствия названий глав пособия названиям разделов дисциплины по шкале от 0 до 2, где: 0 - не соответствует; 1 - частично соответствует; 2 - соответствует *

на соответствует 0 1 2 соответствует

Оцените степень соответствия содержания пособия целям и задачам дисциплины по шкале от 0 до 2, где: 0 - не соответствует; 1 - частично соответствует; 2 - соответствует *

на соответствует 0 1 2 соответствует

Оцените степень соответствия содержания пособия результатам освоения дисциплины (компетенции, знания, умения и навыки) по шкале от 0 до 2, где: 0 - не соответствует; 1 - частично соответствует; 2 - соответствует *

на соответствует 0 1 2 соответствует

Поле для ввода особого мнения

Мой ответ

Отправить

Рис. 4.9 – Анкета для оценивания соответствия ЭУМКД рабочей программы дисциплины

Для проведения экспертных опросов используется сервис Google Forms [93, 94, 95]. Эксперту выдаются один или несколько элементов ЭУМКД, которые необходимо оценить. Это могут быть следующие элементы:

- учебное пособие / курс лекций;
- учебно-методическое пособие;
- методические указания (по курсовому проекту/работе, контрольной/лабораторной работе, самостоятельной работе);
- банк тестовых заданий (для контрольной работы, экзамена).

На следующем шаге происходит формирование процедур оценивания качества ЭУМКД. Процедура оценивания основана на выявленном множестве критериев оценки.

Процедура оценивания может содержать другие процедуры оценивания (так называемые обобщённые критерии). Для нашего случая формируется пять обобщённых критериев:

1. Текстовые критерии объединены в процедуру оценивания текста.
2. Критерии оценки иллюстраций объединены в процедуру оценки иллюстраций.
3. Критерии оценки креолизации объединены в процедуру оценки креолизации.
4. Критерии оценки справки и навигации объединены в процедуру оценки справки и навигации.
5. Анкетные критерии объединены в процедуру оценки на основе экспертного опроса. Стоит отметить, что в процессе построения процедуры оценивания методист может как использовать имеющиеся анкеты для опроса экспертов, так и создавать свои собственные.

В процессе формирования обобщённых критериев можно проводить предварительный анализ групп ЭУМКД, воспользовавшись модулем анализа инструментальной системы. Например, для предварительной оценки качества текста по текстовым параметрам для группы ЭУМКД можно запустить процедуру оценивания текста (см. рис. 4.10). У каждого критерия в скобках указан рекомендуемый диапазон значений.

| Отметка времени | Система дистанционного обучения | Идентификатор курса | Оценка качества текста | | | | |
|--------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | Абстрактность (5-20) | Информационная насыщенность (30-100) | Плотность ключевых слов (5-7) | Удобочитаемость (0-20) | Водность (0-30) |
| 20.08.2021 9:23:40 | new-online | 4 | 24,97 | 13,51 | 31,53 | 6,84 | 3,58 |
| 20.08.2021 9:27:33 | new-online | 238 | 24,92 | 16,24 | 36,5 | 8,74 | 2,66 |
| 20.08.2021 9:29:27 | new-online | 422 | 28,22 | 1,91 | 71,54 | 10,59 | 1,69 |
| 20.08.2021 9:33:26 | new-online | 164 | 23,14 | 1,58 | 35,43 | 8,62 | 2,44 |
| 20.08.2021 9:37:19 | new-online | 89 | 27,41 | 16,38 | 40,63 | 9,52 | 2,35 |
| 20.08.2021 9:38:05 | new-online | 284 | 25,32 | 4,48 | 30,63 | 7,4 | 2,86 |
| 20.08.2021 9:39:00 | new-online | 234 | 25,75 | 6,6 | 25,98 | 7,73 | 3,54 |
| 20.08.2021 9:39:49 | new-online | 155 | 26,39 | 2,99 | 37,13 | 7,63 | 2,75 |
| 20.08.2021 9:41:31 | new-online | 154 | 27,67 | 7,39 | 31,19 | 7,33 | 2,21 |
| 20.08.2021 9:43:46 | new-online | 254 | 25,31 | 21,42 | 34,48 | 7,65 | 2,99 |
| 20.08.2021 9:44:52 | new-online | 153 | 22,22 | 16,25 | 26,72 | 4,95 | 4,72 |
| 20.08.2021 9:47:05 | new-online | 106 | 25,18 | 14,69 | 44,01 | 8,58 | 1,66 |
| 20.08.2021 9:49:47 | new-online | 97 | 20,48 | 90,13 | 36,06 | 5,8 | 4,28 |

Рис. 4.10 – Таблица предварительного оценивания качества ЭУМКД ФДО по текстовым критериям

Следующий этап заключается в формировании множества коэффициентов важности для локальных и обобщенных критериев. Это происходит методом при-

писывания баллов: 4 экспертам был предоставлен набор критериев, важность которых они оценили по шкале от 0 до 10. При этом разрешалось оценивать важность дробными величинами или приписывать одну и ту же величину из выбранной шкалы нескольким критериям.

Все оценки экспертов были объединены в таблицу в формате Microsoft Excel (рис. 4.11).

| A | B | C | D | E | F | G |
|---------|----|----|----|----|----|---|
| | k1 | k2 | k3 | k4 | k5 | |
| expert1 | 8 | 6 | 4 | 9 | 2 | |
| expert2 | 9 | 7 | 5 | 8 | 4 | |
| expert3 | 10 | 8 | 4 | 9 | 3 | |
| expert4 | 9 | 8 | 4 | 10 | 5 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Рис. 4.11 – Таблица для определения коэффициентов важности критериев

При помощи модуля обработки данных инструментальной системы были получены весовые коэффициенты и коэффициент конкордации (W).

Для текстовых критериев:

| | |
|-----------------------------|---------|
| Абстрактность | 0.27318 |
| Информационная насыщенность | 0.21913 |
| Плотность ключевых слов | 0.12955 |
| Удобочитаемость | 0.27381 |
| Водность | 0.10433 |
| $W = 0.9125$ | |

Для критериев оценки иллюстраций:

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Число иллюстраций | 0.42892 |
| Среднее число иллюстраций на странице | 0.57108 |
| $W = 0.75$ | |

Для критериев оценки креолизации:

| | |
|--------------------------|----------|
| Выделение фоновым цветом | 0.10904 |
| Выделение жирным шрифтом | 0.16597 |
| Выделение рамкой | 0.050498 |
| Выделение курсивом | 0.16073 |
| Выделение ссылкой | 0.16773 |
| Выделение пиктограммой | 0.25057 |
| Выделение подчёркиванием | 0.095463 |
| W = 0.92455 | |

Для критериев справки и навигации:

| | |
|--------------------|----------|
| Список литературы | 0.41322 |
| Список формул | 0.14336 |
| Глоссарий | 0.19966 |
| Список иллюстраций | 0.010314 |
| Среда ссылок | 0.12216 |
| Список таблиц | 0.11129 |
| W = 0.926 | |

Для обобщенных критериев были выявлены следующие коэффициенты важности:

| | |
|-------------|---------|
| Текст | 0.32299 |
| Рисунки | 0.26014 |
| Креолизация | 0.24417 |
| Справка | 0.1727 |
| W = 0.97368 | |

Для экспертных критериев:

| | |
|------------------|----------|
| Экс. критерий 1 | 0.091486 |
| Экс. критерий 2 | 0.09139 |
| Экс. критерий 3 | 0.084309 |
| Экс. критерий 4 | 0.023263 |
| Экс. критерий 5 | 0.058738 |
| Экс. критерий 6 | 0.058319 |
| Экс. критерий 7 | 0.049349 |
| Экс. критерий 8 | 0.060986 |
| Экс. критерий 9 | 0.056142 |
| Экс. критерий 10 | 0.058379 |
| Экс. критерий 11 | 0.035056 |
| Экс. критерий 12 | 0.025954 |
| Экс. критерий 13 | 0.018586 |
| Экс. критерий 14 | 0.03044 |
| Экс. критерий 15 | 0.023263 |
| Экс. критерий 16 | 0.082001 |
| Экс. критерий 17 | 0.044541 |
| Экс. критерий 18 | 0.037556 |
| Экс. критерий 19 | 0.047619 |
| Экс. критерий 20 | 0.016505 |
| Экс. критерий 21 | 0.025667 |
| Экс. критерий 22 | 0.028071 |
| W = 0.6497 | |

Для автоматических и экспертных критериев:

| | |
|------------------|--------|
| Авто_критерии | 0.4741 |
| Эксперт_критерии | 0.5259 |
| W = 0.5 | |

Коэффициент конкордации во всех случаях имеет значение 0.5 и больше, что говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

Оценка по каждому обобщенному критерию рассчитывается по формуле (2.1). Основными требованиями к такой обобщающей функции являются [14]:

- 1) изменяемость всех значений критериев в единой шкале [0,1];
- 2) монотонный рост при увеличении значения частного критерия при фиксированных остальных частных критериях;
- 3) независимость частных критериев.

Эти требования были учтены в системе оценивания. Критерии независимы, что следует из формул, по которым рассчитываются их значения [24].

Оценка по обобщенным автоматическим критериям имеет вид выражения:

$$K_{p_{ав}} = \left(\begin{array}{c} K_{\text{текст}} \times K_{p_{ав1}} + \\ + K_{\text{иллюстр}} \times K_{p_{ав2}} + K_{\text{креолиз}} \times K_{p_{ав3}} + \\ + K_{\text{справка и навиг}} \times K_{p_{ав4}} \end{array} \right),$$

где $K_{\text{текст}}$, $K_{\text{иллюстр}}$, $K_{\text{креолиз}}$, $K_{\text{справка и навиг}}$ – значение коэффициента важности соответствующего обобщённого критерия (текста, иллюстраций, креолизации, справки и навигации), $K_{p_{авi}}$ – значение соответствующего обобщённого критерия.

Оценка по обобщенному критерию, значение которого определяется на основе опросных анкет, имеет вид:

$$K_{p_{эксп}} = \left(\begin{array}{c} K_1 \times K_{p_{эксп1}} + \\ + K_2 \times K_{p_{эксп2}} + K_3 \times K_{p_{эксп3}} + \dots \\ + K_{22} \times K_{p_{эксп22}} \end{array} \right),$$

где K_i – значение коэффициента важности соответствующего критерия опросной анкеты экспертов, $K_{p_{экспi}}$ – значение соответствующего критерия опросной анкеты экспертов.

Итоговая оценка ЭУМКД рассчитывается по формуле (2.2).

В таблицах 4.4 и 4.5 приведены экспериментальные данные для построения рейтинга группы из 30 ЭУМКД, причем 10 из них относятся к техническим дисциплинам (Т), 10 – к гуманитарным (G), 10 – к физико-математическим (F). Итоговый рейтинг ЭУМКД ФДО представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.4 – Оценка по обобщенным автоматическим критериям для группы ЭУМКД ФДО (30 дисциплин)

| Код УМКД | $K_{p_{ав}}$ | Категория ЭУМКД |
|----------|--------------|-----------------|
| 89 | 0.41909 | Т |

| | | |
|-----|---------|---|
| 164 | 0.37254 | T |
| 106 | 0.35532 | F |
| 189 | 0.34292 | T |
| 97 | 0.33232 | F |
| 62 | 0.31906 | T |
| 153 | 0.29185 | F |
| 238 | 0.28272 | T |
| 95 | 0.27156 | F |
| 197 | 0.27117 | T |
| 4 | 0.27052 | T |
| 154 | 0.24898 | G |
| 289 | 0.23853 | F |
| 205 | 0.23804 | F |
| 287 | 0.23021 | G |
| 254 | 0.22161 | G |
| 155 | 0.22042 | G |
| 46 | 0.2121 | G |
| 34 | 0.2094 | F |
| 266 | 0.20668 | T |
| 422 | 0.20155 | G |
| 282 | 0.19168 | G |
| 140 | 0.18382 | G |
| 40 | 0.1835 | G |
| 52 | 0.18064 | F |
| 271 | 0.17891 | F |
| 234 | 0.17863 | T |
| 284 | 0.16815 | G |
| 74 | 0.16551 | F |
| 75 | 0.12985 | G |

Таблица 4.5 – Оценка по обобщенному экспертному критерию
для группы ЭУМКД ФДО (30 дисциплин)

| Код УМКД | $K_{p_{\text{эксп}}}$ | Категория ЭУМКД |
|----------|-----------------------|--------------------|
| 287 | 0.75596 | G |
| 153 | 0.7287 | F |
| 95 | 0.71462 | F |
| 266 | 0.70968 | T |
| 422 | 0.6602 | G |
| 284 | 0.65429 | G |
| 97 | 0.64966 | F |
| 238 | 0.6485 | T |
| 282 | 0.64778 | G |

| | | |
|-----|---------|---|
| 271 | 0.63861 | F |
| 52 | 0.61575 | F |
| 289 | 0.61274 | F |
| 164 | 0.59773 | T |
| 234 | 0.57632 | T |
| 4 | 0.56302 | T |
| 205 | 0.55522 | F |
| 197 | 0.54583 | T |
| 189 | 0.54153 | T |
| 74 | 0.52823 | F |
| 106 | 0.52765 | F |
| 254 | 0.49899 | G |
| 62 | 0.48721 | T |
| 154 | 0.48089 | G |
| 89 | 0.47733 | T |
| 155 | 0.46564 | G |
| 75 | 0.46173 | G |
| 140 | 0.45132 | G |
| 40 | 0.44722 | G |
| 34 | 0.44712 | F |
| 46 | 0.44624 | G |

Таблица 4.6 – Итоговый рейтинг ЭУМКД

| Код УМКД | $K_{p\text{сум}}$ | Категория ЭУМКД |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------|
| 153 | 0.52159 | F |
| 287 | 0.5067 | G |
| 95 | 0.50456 | F |
| 97 | 0.49921 | F |
| 164 | 0.49097 | T |
| 238 | 0.47508 | T |
| 266 | 0.47121 | T |
| 89 | 0.44972 | T |
| 189 | 0.44737 | T |
| 106 | 0.44595 | F |
| 422 | 0.44275 | G |
| 289 | 0.43533 | F |
| 282 | 0.43154 | G |
| 4 | 0.42434 | T |
| 284 | 0.42381 | G |
| 271 | 0.42067 | F |
| 197 | 0.41561 | T |
| 52 | 0.40947 | F |
| 62 | 0.40749 | T |
| 205 | 0.40484 | F |

| | | |
|-----|---------|---|
| 234 | 0.38778 | T |
| 154 | 0.37094 | G |
| 254 | 0.36749 | G |
| 74 | 0.35626 | F |
| 155 | 0.34938 | G |
| 46 | 0.33523 | G |
| 34 | 0.33442 | F |
| 140 | 0.32449 | G |
| 40 | 0.32219 | G |
| 75 | 0.30439 | G |

1. Представленная система оценивания качества ЭУМКД ориентирована на решение проблемы модернизации электронного учебного контента и не исключает традиционные методы оценивания методического обеспечения.

2. Наличие пополняемой базы знаний критериев оценивания обеспечивает возможность внесения изменений в имеющуюся систему оценки качества или создание новой системы оценивания для использования в иных целях.

3. Анализ таблицы итого рейтинга показывает, что:

- суммарное значение обобщенных критериев для представленного множества ЭУМКД составляет 12.48078, или 41.6% от максимального значения (30), это свидетельствует о потенциальной возможности улучшения их качества;
- отсутствует группирование по типу ЭУМКД, что дает возможность сравнивать между собой гуманитарные, технические и физико-математические учебные материалы.

4.3 Методика получения функций затрат на модернизацию учебного контента

Функции затрат являются необходимой составляющей анализа деятельности предприятий [98], в том числе и для получения плана модернизации учебного контента [99]. Структура затрат электронного учебного контента имеет сложный и трудно формализованный характер. Известно [100, 101], что при оценке затрат на модернизацию контента необходимо учитывать затраты на верстку, написание

XML-кода, подготовку иллюстраций, приобретение лицензий, вознаграждение автору текста, тестирование и введение на эксплуатацию, регистрацию программного продукта и пр. В данной работе рассматриваются только затраты автора учебно-методического комплекса дисциплины. Это объясняется тем, что в структуре ФДО имеются отдел и лаборатория, которые предназначены для создания и модернизации ЭУМКД на основе авторского текста. Поэтому важно планировать модернизацию ЭУМКД относительно трудоемкости работы автора. Рассмотрим методику построения функций затрат для автора ЭУМКД. Она состоит из следующих шагов:

1. Построение таблицы экспериментальных данных.
2. Запись уравнений регрессии.
3. Вычисление значений уравнений регрессии.
4. Вычисление статистических характеристик (стандартная ошибка, коэффициент детерминации, значение критерия Фишера и сравнение его с табличным).
5. Построение графика.

Функции затрат на модернизацию текста строятся на основе экспериментальных исследований. Для каждого критерия было выбрано n пособий с одинаковым малым значением критерия. Начальные значения заносятся в таблицу. Далее производится изменение текста в соответствии с алгоритмом вычисления значения. Фиксируется трудоёмкость в часах ($T_{i,j}$) и соответствующее значение критерия ($K_{i,j}$).

| | D_0 | D_1 | D_2 | ... | D_m |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|
| E_1 | $T_{1,1}-K_{1,1}$ | $T_{1,2}-K_{1,2}$ | $T_{1,3}-K_{1,3}$ | | $K_{1,m}-T_{1,m}$ |
| E_2 | $K_{2,1}-T_{2,1}$ | $K_{2,2}-T_{2,2}$ | $K_{2,1}-T_{2,1}$ | | $K_{2,m}-T_{2,m}$ |
| E_3 | $K_{3,1}-T_{3,1}$ | $K_{3,1}-T_{3,1}$ | $K_{3,1}-T_{3,1}$ | | $K_{3,m}-T_{3,m}$ |

Таким образом получено множество пар значений (трудоемкость, значение критерия). Далее производится построение уравнений регрессии и проводится их

анализ. Регрессионный анализ является одним из важных разделов прикладной математики и широко применяется в экономике [102, 103, 104]. Уравнения регрессии были выбраны 3 видов: линейная, квадратичная, экспоненциальная. Выбор уравнений регрессии обосновывается следующими обстоятельствами: линейная – простейшая модель, которая обеспечивает быстрые вычислительные операции, квадратичная – наиболее приспособленная для построения функций затрат [98], экспоненциальная – теоретическая функция затрат, характеризующая экспоненциальный рост затрат на повышение качества продукта. В качестве статистических характеристик сравнения моделей регрессии были выбраны коэффициент детерминации R^2 , стандартная ошибка и критерий Фишера.

Рассмотрим построение функций затрат на текстовые показатели (табл. 4.7).

Таблица 4.7 – Затраты на модернизацию ЭУМКД по показателю «Абстрактность»

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.1 |
| 16.1 | 18.4 | 20.5 | 11.3 | 11.2 | 17.0 | 14.5 | 30.3 | 31.1 | 11.0 | 21.1 | 9.8 | 14.2 | 29.3 | 8.9 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 0.1 | 0.2 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 8.9 | 5.5 | 24.0 | 20.3 | 23.5 | 28.2 | 27.1 | 11.0 | 21.6 | 4.2 | 18.8 | 3.6 | 29.5 | 11.8 | 11.7 |

В таблице 4.7 представлены экспериментальные данные по измерениям для текстового показателя «Абстрактность». Выборка содержит 30 ЭУМКД, номера которых выделены жирным шрифтом и представлены в строках 1 и 4. В строках 2 и 5 представлены нормализованные значения показателя «Абстрактность», в строках 3 и 6 представлены значения трудоемкости, выраженные в часах. Например, для получения значения показателя 0.4 ЭУМКД под номером 5 было затрачено 11.2 часа.

На рисунке 4.12 приведены распределение табличных значений (представлены точками) и графики уравнений регрессии.

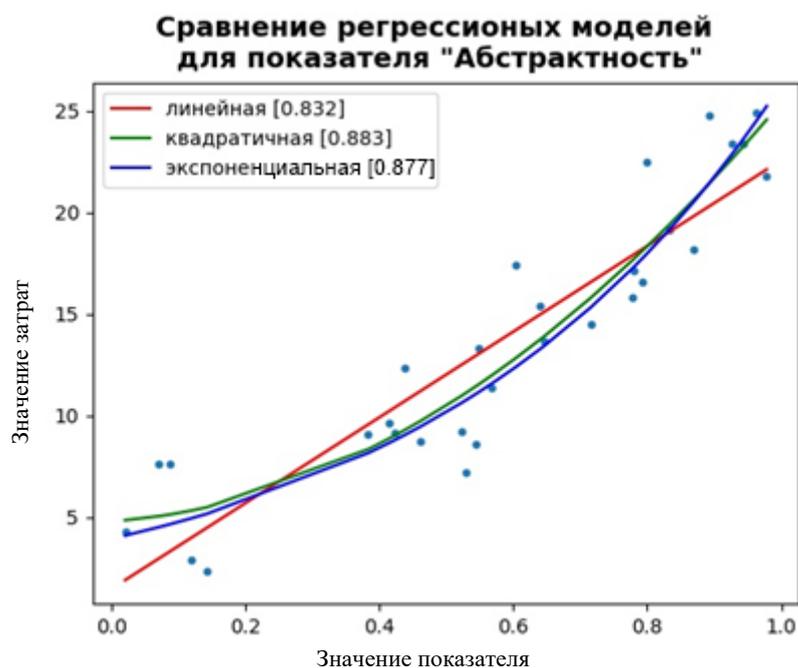


Рис. 4.12 – Графики регрессионных моделей затрат на модернизацию ЭУМКД по показателю «Абстрактность»

Ниже приведены статистические характеристики уравнений регрессии. Для линейной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.932.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.866$.
- Значение критерия Фишера $F = 181.72$.
- Табличное значение критерия $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Для квадратичной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии = 2.215.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.923$.
- Критерий Фишера $F = 339.42$.
- Табличное значение $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Для экспоненциальной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.263.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.920$.

- Критерий Фишера $F = 324.16$.
- Табличное значение $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$ для всех представленных моделей, то коэффициенты детерминации статистически значимы (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна). Однако из анализа данных следует, что квадратичная регрессия имеет наименьшую стандартную ошибку регрессии и лучшее значение коэффициента детерминации.

В таблице 4.8 представлены экспериментальные данные по измерениям для текстового показателя «Информационная насыщенность». Выборка содержит 30 ЭУМКД, номера которых выделены жирным шрифтом и представлены в строках 1 и 4. В строках 2 и 5 представлены нормализованные значения показателя «Информационная насыщенность», в строках 3 и 6 представлены значения трудоемкости, выраженные в часах. Например, для получения значения показателя 0.5 ЭУМКД под номером 4 было затрачено 8.0 часов.

Таблица 4.8 – Затраты на модернизацию ЭУМКД по показателю «Информационная насыщенность»

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.1 |
| 12.7 | 11.9 | 16.2 | 8.0 | 9.7 | 11.9 | 12.8 | 19.6 | 18.5 | 9.9 | 12.9 | 6.8 | 10.5 | 17.7 | 9.9 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 0.1 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 9.9 | 6.5 | 14.9 | 12.4 | 13.4 | 15.1 | 18.7 | 8.9 | 13.6 | 5.1 | 13.8 | 4.4 | 17.3 | 8.9 | 10.3 |

На рисунке 4.13 приведены распределение табличных значений (представлены точками) и графики уравнений регрессии.

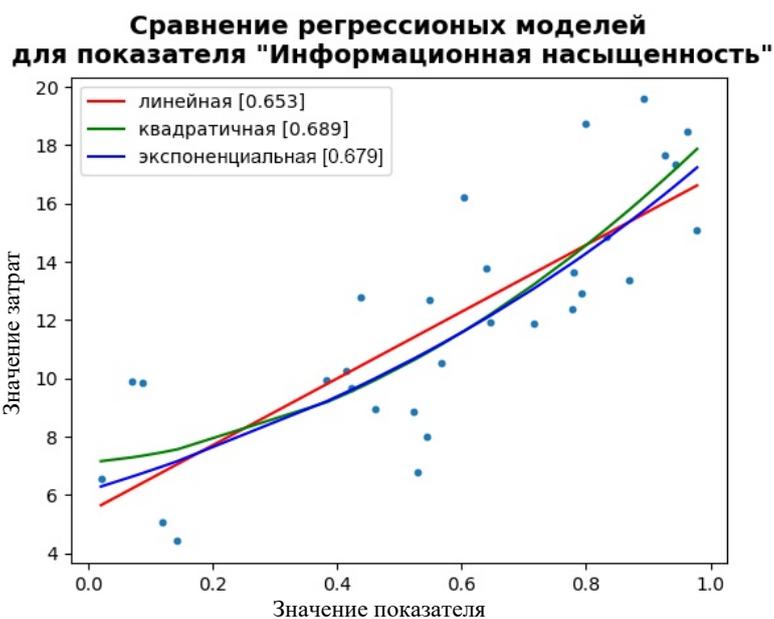


Рис. 4.13 – Графики регрессионных моделей затрат на модернизацию ЭУМКД по показателю «Информационная насыщенность»

Ниже приведены статистические характеристики уравнений регрессии. Для линейной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.338.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.652$.
- Значение критерия Фишера $F = 52.644$.
- Табличное значение критерия $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Для квадратичной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.214.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.688$.
- Значение критерия Фишера $F = 61.90$.
- Табличное значение критерия $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Для экспоненциальной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.248.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.679$.
- Критерий Фишера $F = 59.229$.

- Табличное значение $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$ для всех представленных моделей, то коэффициенты детерминации статистически значимы (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна). Однако из анализа данных следует, что квадратичная регрессия имеет наименьшую стандартную ошибку регрессии и лучшее значение коэффициента детерминации.

В таблице 4.9 представлены экспериментальные данные по измерениям для текстового показателя «Удобочитаемость». Выборка содержит 30 ЭУМКД, номера которых выделены жирным шрифтом и представлены в строках 1 и 4. В строках 2 и 5 представлены нормализованные значения показателя «Удобочитаемость», в строках 3 и 6 представлены значения трудоемкости, выраженные в часах.

Таблица 4.9 – Затраты на модернизацию ЭУМКД по показателю «Удобочитаемость»

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.1 |
| 15.7 | 16.6 | 19.7 | 11.0 | 11.7 | 15.9 | 14.9 | 26.5 | 26.4 | 11.7 | 18.5 | 9.6 | 13.7 | 25.0 | 10.3 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 10.3 | 6.8 | 20.9 | 17.8 | 19.9 | 23.3 | 24.4 | 11.3 | 19.1 | 5.6 | 17.6 | 5.0 | 25.0 | 11.6 | 12.2 |

На рисунке 4.14 приведены распределение табличных значений (представлены точками) и графики уравнений регрессии.

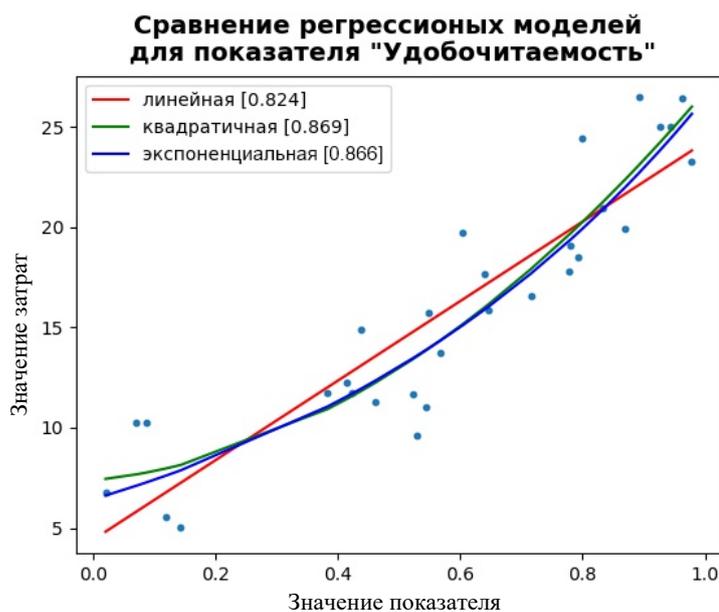


Рис. 4.14 – Графики регрессионных моделей затрат на модернизацию ЭУМКД по показателю «Удобочитаемость»

Ниже приведены статистические характеристики уравнений регрессии. Для линейной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.57.
- Коэффициент детерминации R^2 равен 0.8235.
- Значение критерия Фишера $F = 130.66$.
- Табличное значение критерия $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Для квадратичной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.213.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.869$.
- Значение критерия Фишера $F = 186.07$.
- Табличное значение критерия $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Для экспоненциальной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 2.243.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.865$.
- Критерий Фишера $F = 180.31$.

- Табличное значение $F_{\text{табл}} [n = 28, m = 1, a = 0.05] = 4.2$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$ для всех представленных моделей, то коэффициенты детерминации статистически значимы (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна). Однако из анализа данных следует, что квадратичная регрессия имеет наименьшую стандартную ошибку регрессии и лучшее значение коэффициента детерминации.

В таблице 4.10 представлены экспериментальные данные по измерениям для текстового показателя «Число иллюстраций». Выборка содержит 30 ЭУМКД, номера которых выделены жирным шрифтом и представлены в строках 1 и 4. В строках 2 и 5 представлены нормализованные значения показателя «Число иллюстраций», в строках 3 и 6 представлены значения трудоемкости, выраженные в часах.

Таблица 4.10 – Затраты на модернизацию ЭУМКД по показателю «Число иллюстраций»

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.1 |
| 20.0 | 18.4 | 25.3 | 13.0 | 15.2 | 18.7 | 19.9 | 28.4 | 25.8 | 15.4 | 19.4 | 11.1 | 16.7 | 25.1 | 12.0 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 0.1 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 12.3 | 6.2 | 21.9 | 18.6 | 19.3 | 20.5 | 28.0 | 14.2 | 20.5 | 5.5 | 21.5 | 4.9 | 24.3 | 14.2 | 16.0 |

На рисунке 4.15 приведены распределение табличных значений (представлены точками) и графики уравнений регрессии.

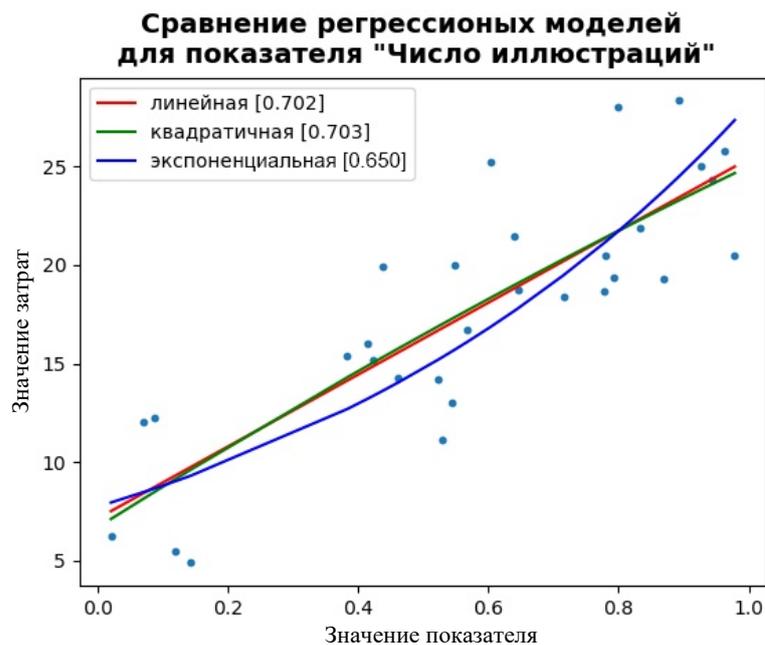


Рис. 4.15 – Графики регрессионных моделей затрат на модернизацию ЭУМКД по показателю «Число иллюстраций»

Ниже приведены статистические характеристики уравнений регрессии. Для линейной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 3.3297.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.702$.
- Значение критерия Фишера $F = 66.08$.

Для квадратичной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 3.3238.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.70345$.
- Значение критерия Фишера $F = 66.4209$.

Для экспоненциальной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 3.609.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.650$.
- Значение критерия Фишера $F = 52.07$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$ для всех представленных моделей, то коэффициенты детерминации статистически значимы (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна). Однако из анализа данных следует, что квадратичная регрессия и линейная регрессии имеют практически равные параметры и явно лучше, чем экспоненциальная модель, поэтому предлагается выбрать самую простую – линейную модель.

В таблице 4.11 представлены экспериментальные данные по измерениям для текстового показателя «Креолизация». Выборка содержит 30 ЭУМКД, номера которых выделены жирным шрифтом и представлены в строках 1 и 4. В строках 2 и 5 представлены нормализованных значения показателя «Креолизация», в строках 3 и 6 представлены значения трудоемкости, выраженные в часах.

Таблица 4.11 – Затраты на модернизацию по показателю «Креолизация»

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.1 |
| 8.8 | 8.7 | 10.7 | 6.4 | 6.9 | 8.6 | 8.5 | 12.5 | 11.8 | 6.8 | 9.2 | 5.8 | 7.8 | 11.5 | 4.9 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 5.0 | 2.8 | 10.2 | 9.0 | 9.4 | 10.1 | 12.1 | 6.6 | 9.6 | 2.8 | 9.5 | 2.7 | 11.3 | 6.8 | 7.1 |

На рисунке 4.16 приведены распределение табличных значений (представлены точками) и графики уравнений регрессии.

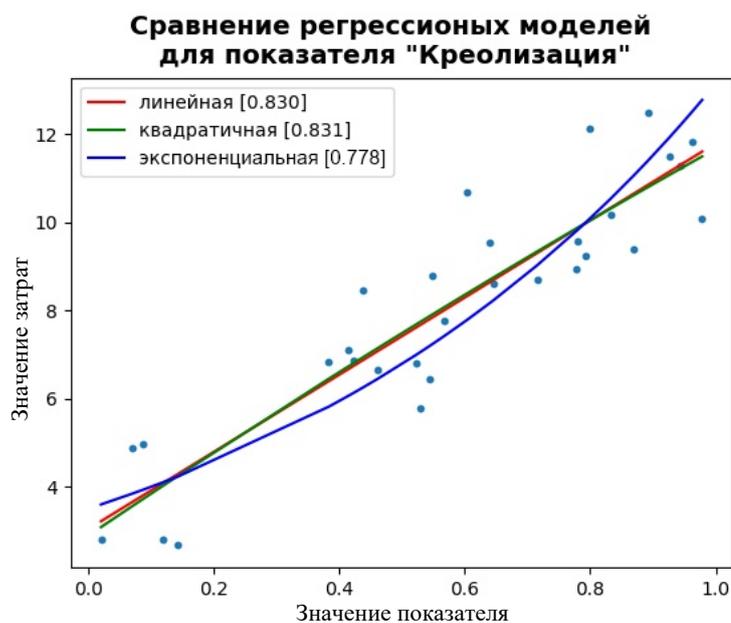


Рис. 4.16 – Графики регрессионных моделей затрат на модернизацию ЭУМКД по показателю «Креолизация»

Ниже приведены статистические характеристики уравнений регрессии. Для линейной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 1.109.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.8299$.
- Значение критерия Фишера $F = 136.68$.

Для квадратичной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 1.1079.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.8305$.
- Значение критерия Фишера $F = 137.27$.

Для экспоненциальной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 1.269.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.7777$.
- Значение критерия $F = 97.96$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$ для всех представленных моделей, то коэффициенты детерминации статистически значимы (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна). Однако из анализа данных следует, что квадратичная регрессия и линейная регрессии имеют практически равные параметры и явно лучше чем экспоненциальная модель, поэтому предлагается выбрать самую простую – линейную модель.

В таблице 4.12 представлены экспериментальные данные по измерениям для показателя «Экспертная оценка». Выборка содержит 30 ЭУМКД, номера которых выделены жирным шрифтом и представлены в строках 1 и 4. В строках 2 и 5 представлены нормализованных значения показателя «Экспертная оценка», в строках 3 и 6 представлены значения трудоемкости, выраженные в часах.

Таблица 4.12 – Затраты на модернизацию по показателю «Экспертная оценка»

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.1 |
| 7.5 | 7.1 | 9.2 | 5.1 | 5.8 | 7.1 | 7.3 | 10.6 | 9.9 | 5.8 | 7.5 | 4.5 | 6.4 | 9.6 | 4.7 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 0.1 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.5 | 0.4 |
| 4.7 | 2.7 | 8.4 | 7.2 | 7.6 | 8.1 | 10.4 | 5.5 | 7.9 | 2.5 | 8.0 | 2.3 | 9.3 | 5.5 | 6.0 |

На рисунке 4.17 приведены распределение табличных значений (представлены точками) и графики уравнений регрессии.

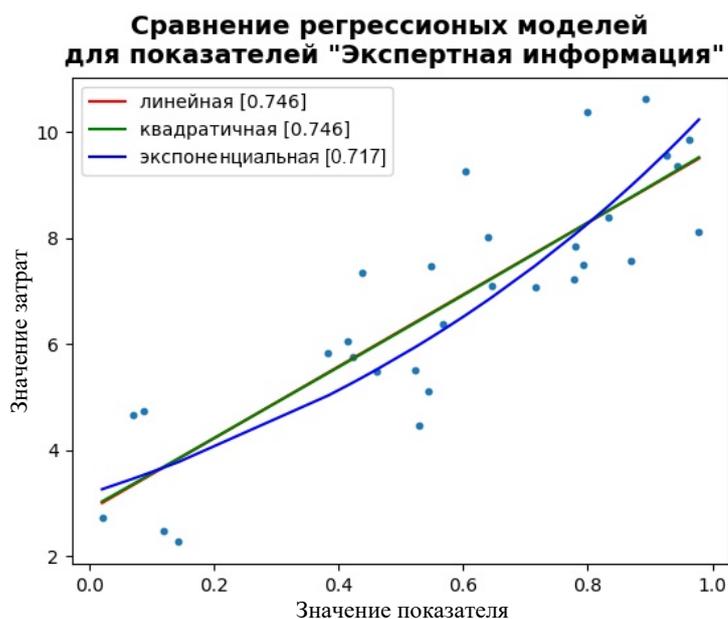


Рис. 4.17 – Графики регрессионных моделей затрат на модернизацию ЭУМКД по показателю «Экспертная оценка»

Ниже приведены статистические характеристики уравнений регрессии. Для линейной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 1.108.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.7461$.
- Значение критерия $F =$ Фишера 82.29.

Для квадратичной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 1.1079.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.7461$.
- Значение критерия Фишера $F = 82.307$.

Для экспоненциальной регрессии:

- Стандартная ошибка регрессии равна 1.17.
- Коэффициент детерминации $R^2 = 0.7167$.
- Значение критерия $F = 70.85$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{\text{табл}}$ для всех представленных моделей, то коэффициенты детерминации статистически значимы (найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна). Однако из анализа данных следует, что квадратичная регрессия и линейная регрессии имеют практически равные параметры и явно лучше чем экспоненциальная модель, поэтому предлагается выбрать самую простую – линейную модель.

Для программной реализации функций затрат был использован язык программирования Python и его пакет Scikit-Learn, имеющий огромный и апробированный инструментарий [105, 106]. Кроме того, для обработки числовых массивов использовался пакет NumPy [107], а для вывода графиков – пакет Matplotlib [108].

4.4 Построение плана мероприятий модернизации учебного контента

Текущее состояние формирования плана модернизации на ФДО ТУСУР

Анализ текущего состояния процессов модернизации учебного контента на ФДО ТУСУР показал, что существует два вида модернизации:

1. Изменение содержания ЭУМКД при условии изменения внешней среды (изменение законов, методик, методов, алгоритмов, устаревания оборудования, получение новых технологий и пр.). В этом случае создается новое содержание.

2. Изменение содержания ЭУМКД для повышения его качества.

Получение плана модернизации первого вида основано на сборе заявок от авторов и кафедр, отвечающих за содержание ЭУМКД. При этом качество модернизированного ЭУМКД не может быть спланировано.

Получение плана модернизации второго вида вполне может быть получено на основе предложенных методов и алгоритмов, разработанных во второй главе.

Формирование плана модернизации учебного контента на ФДО производится на один календарный год. Основные этапы построения плана:

1. Производится анализ ЭУМКД и формируется список модернизации в соответствии со сроками ввода в эксплуатацию. Согласно положению о модернизации ЭУМКД, каждые 3 года соответствующее ЭУМКД должно быть модернизировано.
2. Производится согласование полученного списка с профилирующими кафедрами, после согласования список корректируется.
3. На основе полученного списка определяется примерный объем затрат на модернизацию, после чего список также может быть скорректирован, далее опять производится согласование.

Основные недостатки этой процедуры формирования плана:

1. Объем финансирования имеет приближенный характер.
2. Объем работ по модернизации ЭУМКД формирует сам автор, что приводит к неоправданным затратам, существенно выходящим за рамки плана.
3. Неконкретный объем работ затягивает сроки выполнения модернизации.

4.5.1 Программная реализация построения плана модернизации

Для реализации генетического алгоритма был использован язык программирования Python и его пакеты: numpy – обработка многомерных массивов, matplotlib – вывод трехмерных и двухмерных графиков, scipy – интерполяции и экстраполяции, sklearn – построение уравнений регрессии и их анализ, tkinter – организация оконного интерфейса, openpyxl – работа с электронными таблицами типа Excel.

Программа построения плана состоит из следующих модулей:

1. Административный модуль, обеспечивающий интерфейс с пользователем и взаимодействие с другими модулями.
2. Модуль получения функций затрат (построение уравнений регрессии).

3. Модуль определения плана модернизации (реализация генетического алгоритма).
4. Модуль вывода вариантов плана в электронную таблицу.
5. Модуль ведения протокола работы программы.

Главное окно этой программы приведено на рисунке 4.18. Перечислим основные элементы этого окна:

1. Окно ввода для исходной таблицы значений критериев, полученной в инструментальной системе.
2. Окно ввода номера протокола для записи хода вычислений в файл протокола.
3. Окно ввода таблицы опроса экспертов для установки значений коэффициентов важности.
4. Окна ввода для коэффициентов важности с указанием конкретного критерия. Например, критерий «Абстрактность», значение 0.27318.
5. Значения коэффициентов конкордации для определения согласованности экспертов.
6. Окно ввода значений затрат (объем инвестиций).
7. Окно ввода для указания числа итераций работы генетического алгоритма.
8. Окно ввода для указания числа вариантов плана из конечного множества лучших решений при работе генетического алгоритма.
9. Клавиша «Загрузить оценки».
10. Клавиша «Построить план» (запуск генетического алгоритма для определения плана модернизации).

Рассмотрим методику построения плана модернизации ЭУМКД. Она состоит из следующих шагов:

1. Выбор множества ЭУМКД.
2. Получение текущего рейтинга для выбранного множества.
3. Определение объема затрат.
4. Построение детального плана и его анализ.
5. Интерпретация полученных значений показателей для конкретного ЭУМКД.

Построение плана модернизации учебного контента

| Имя таблицы | Estim2021_08_21.xlsx | Номер протокола | 1 | Имя таблицы Exprt | Expert14.xlsx |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|------------|-------------------|---------------|
| Абстрактность | 0.27318 | Экс. критерий 1 | 0.091486 | | |
| Информационная насыщенность | 0.21913 | Экс. критерий 2 | 0.09139 | | |
| Плотность ключевых слов | 0.12955 | Экс. критерий 3 | 0.084309 | | |
| Удобочитаемость | 0.27381 | Экс. критерий 4 | 0.023263 | | |
| Водность | 0.10433 | Экс. критерий 5 | 0.058738 | | |
| W = 0.9125 | | Экс. критерий 6 | 0.058319 | | |
| Число иллюстраций | 0.42892 | Экс. критерий 7 | 0.049349 | | |
| Среднее число иллюстраций на странице | 0.57108 | Экс. критерий 8 | 0.060986 | | |
| W = 0.75 | | Экс. критерий 9 | 0.056142 | | |
| Выделение фоновым цветом | 0.10904 | Экс. критерий 10 | 0.058379 | | |
| Выделение жирным шрифтом | 0.16597 | Экс. критерий 11 | 0.035056 | | |
| Выделение рамкой | 0.050498 | Экс. критерий 12 | 0.025954 | | |
| Выделение курсивом | 0.16073 | Экс. критерий 13 | 0.018586 | | |
| Выделение ссылкой | 0.16773 | Экс. критерий 14 | 0.03044 | | |
| Выделение пиктограммой | 0.25057 | Экс. критерий 15 | 0.023263 | | |
| Выделение подчёркиванием | 0.095463 | Экс. критерий 16 | 0.082001 | | |
| W = 0.92455 | | Экс. критерий 17 | 0.044541 | | |
| Список литературы | 0.41322 | Экс. критерий 18 | 0.037556 | | |
| Список формул | 0.14336 | Экс. критерий 19 | 0.047619 | | |
| Глоссарий | 0.19966 | Экс. критерий 20 | 0.016505 | | |
| Список иллюстраций | 0.010314 | Экс. критерий 21 | 0.025667 | | |
| Среда ссылок | 0.12216 | Экс. критерий 22 | 0.028071 | | |
| Список таблиц | 0.11129 | | W = 0.6497 | | |
| W = 0.926 | | | | | |
| Текст | 0.32299 | | | | |
| Рисунки | 0.26014 | | | | |
| Креолизация | 0.24417 | | | | |
| Справка | 0.1727 | | | | |
| W = 0.97368 | | | | | |
| Авто_критерии | 0.4741 | | | | |
| Эксперт_критерии | 0.5259 | | | | |
| W = 0.5 | | | | | |

Загрузить оценки Построить план

===== Построение плана =====

Объем инвестиций 400 Число итераций 1000 Число вариантов 3

Рис. 4.18 – Основное окно программы построения плана модернизации контента

На первом шаге необходимо определить количество и произвести выбор ЭУМКД из множества ЭУМКД, входящих в систему дистанционного обучения. Из опыта работы методического отдела ФДО можно предложить следующие варианты выбора:

1. Выбрать все ЭУМКД, имеющие низкие показатели в рейтинге.
2. Из выбранного множества выделить те ЭУМКД, авторы которых по тем или иным причинам не могут в данный период времени заниматься модернизацией.

3. Заменить выделенные ЭУМКД на те комплексы, которые также имеют низкий рейтинг.
4. Произвести предварительный подсчет затрат на модернизацию.
5. После согласования и подписания служебных заданий на модернизацию сформировать список ЭУМКД, подлежащих модернизации.

На втором шаге производится определение текущего рейтинга выбранного множества ЭУМКД, для этого производится их оценка (см. п. 4.2, система оценивания). Кроме того, необходимо знать текущий уровень затрат для получения данного рейтинга.

На третьем шаге производится определение уровня затрат на модернизацию. Для этого производится эксперимент по построению нескольких планов для данного множества ЭУМКД, варьируя значение трудоемкости. Например, на рисунке 4.19 представлен график зависимости значения суммарного рейтинга, полученного алгоритмом планирования для 30 ЭУМКД, в зависимости от суммарного значения функций затрат. На данном графике приведены абсолютные значения суммарного рейтинга и суммарных затрат. Начальная точка кривой имеет значения: рейтинг – 12.48078, суммарные затраты – 6352.35. Точка является текущим значением суммарного рейтинга. Визуальный анализ приведенного графика показывает близкий к линейному характер зависимости суммарного рейтинга от значения суммарных затрат. Это объясняется тем, что наибольшее приращение рейтинга дают критерии с линейной регрессией функций затрат. По мере приближения к значению 30 (максимальное значение рейтинга) характер кривой приобретет вид близкий к параболе.

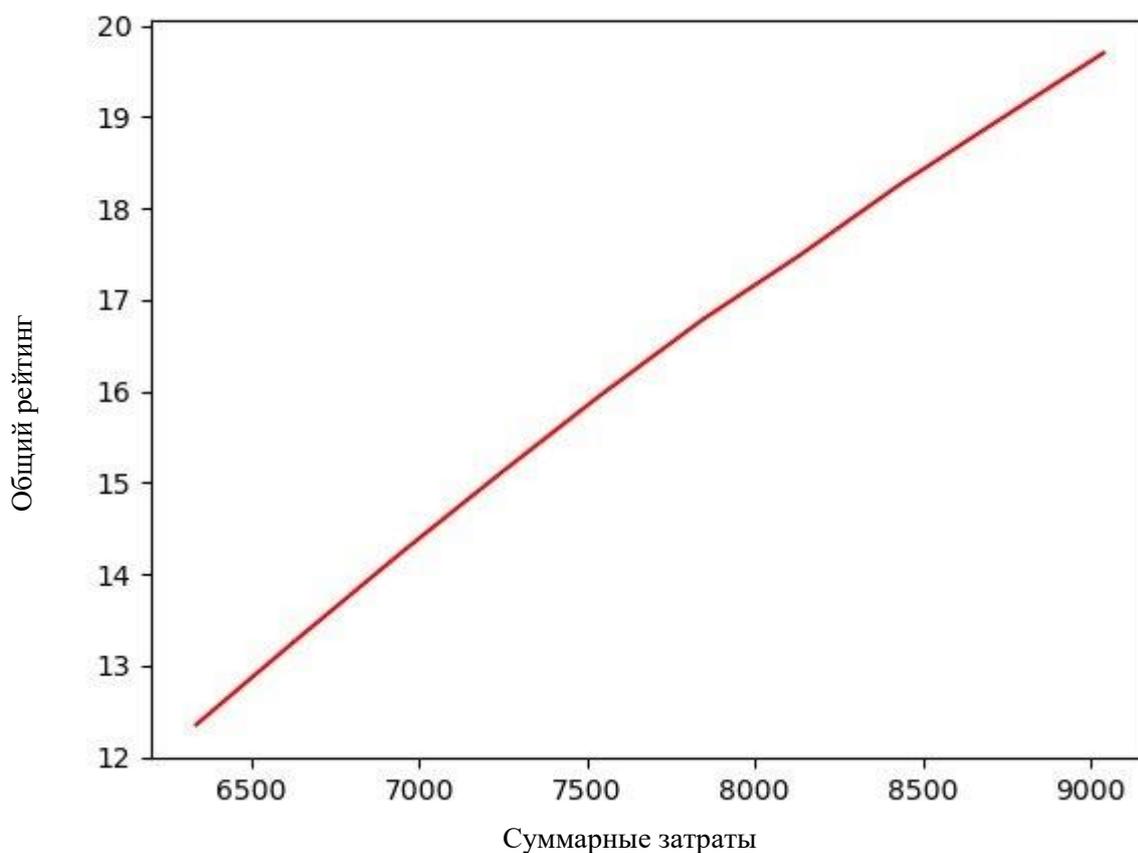


Рис. 4.19 – График зависимости общего рейтинга от заданных затрат (абсолютные значения)

На четвертом шаге производится определение вариантов плана для заданного значения уровня инвестиций (затрат). Для этого необходимо задать уровень инвестиций, число итераций, число вариантов плана. Результатом работы алгоритма будут два файла. Один файл в формате электронной таблицы будет содержать варианты плана (по умолчанию три варианта). Каждый вариант плана будет записан в отдельной вкладке. Во втором файле (текстовом) будет записан протокол вычислений. Фрагмент примера плана показан на рисунке 4.20. В первой строке таблицы записан порядковый номер ЭУМКД, в других строках записаны показатели и значения, на которые надо увеличить этот показатель, и необходимые затраты, выраженные в часах. Например: показатель «Удобочитаемость», значение, на которое

нужно его увеличить, – 4.000, затраты – 0.177 часа. Для показателей иллюстрации, креолизации и справочников даются суммарные затраты.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|-----------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-------|---|-------|----------|----------|-------|-------|
| 1 | УМКД=4 | | | | | | | | | | |
| 2 | Текстовые показатели: | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | Абстрактность | | | 3.429 | | Затраты: | | 0.507 |
| 4 | | | | Информационная насыщенность | | | 6.593 | | Затраты: | | 0.364 |
| 5 | | | | Плотность ключевых слов | | | 4.203 | | Затраты: | | 0.532 |
| 6 | | | | Удобочитаемость | | | 4.000 | | Затраты: | | 0.177 |
| 7 | | | | Водность | | | 4.000 | | Затраты: | | 0.386 |
| 8 | Иллюстрации: | | | | | | | | | | |
| 9 | | Среднее число иллюстраций | | | 4.006 | | | | | | |
| 10 | | Число иллюстраций | | | 6.000 | | | | | | |
| 11 | | Затраты на иллюстрации: | | | | | 1.121 | | | | |
| 12 | Креолизация: | | | | | | | | | | |
| 13 | | Выделение фоновым цветом | | | 0.500 | | | | | | |
| 14 | | Выделение жирным шрифтом | | | 6.500 | | | | | | |
| 15 | | Выделение рамкой | | | 5.807 | | | | | | |
| 16 | | Выделение курсивом | | | 4.469 | | | | | | |
| 17 | | Выделение ссылкой | | | 2.000 | | | | | | |
| 18 | | Выделение пиктограммой | | | 2.500 | | | | | | |
| 19 | | Выделение подчёркиванием | | | 3.948 | | | | | | |
| 20 | | Затраты на креолизацию: | | | | | 1.976 | | | | |
| 21 | Справочники | | | | | | | | | | |
| 22 | | Список литературы | | | 5.053 | | | | | | |
| 23 | | Список формул | | | 2.323 | | | | | | |
| 24 | | Глоссарий | | | 3.500 | | | | | | |
| 25 | | Список иллюстраций | | | 6.177 | | | | | | |
| 26 | | Имеется среда ссылок | | | 3.548 | | | | | | |
| 27 | | Список таблиц | | | 4.500 | | | | | | |
| 28 | | Затраты на справочники: | | | | | 0.938 | | | | |
| 29 | Экспертные показатели | | | | | | | | | | |
| 30 | | Экспертный критерий1: | | | 2.789 | | | Затраты: | | 0.490 | |
| 31 | | Экспертный критерий2: | | | 2.736 | | | Затраты: | | 0.278 | |
| 32 | | Экспертный критерий3: | | | 3.014 | | | Затраты: | | 0.057 | |
| 33 | | Экспертный критерий4: | | | 2.455 | | | Затраты: | | 0.481 | |
| 34 | | Экспертный критерий5: | | | 2.811 | | | Затраты: | | 0.575 | |
| 35 | | Экспертный критерий6: | | | 1.095 | | | Затраты: | | 0.379 | |
| 36 | | Экспертный критерий7: | | | 1.101 | | | Затраты: | | 0.400 | |

Рис. 4.20 – Фрагмент плана модернизации

4.5.2 Мероприятия для достижения заданных показателей плана модернизации

Реализация плана модернизации учебного контента на этапе внедрения системы оценивания и модернизации учебного контента сопряжена с некоторыми трудностями:

- 1) сложность получения экспертных оценок ЭУМКД и рекомендаций экспертов по их модернизации;
- 2) отсутствие опыта модернизации по полученной системе критериев у авторов ЭУМКД.

Для устранения данных трудностей были предложены следующие мероприятия:

1. Создание консультативной группы специалистов по вопросам оценивания и модернизации учебного контента на ФДО.
2. Разработка дополнительного курса по обучению экспертов работе с инструментальной системой оценивания и модернизации учебного контента.
3. Составление инструкции для авторов с описанием критериев, способов их модернизации и определения значений с помощью инструментальной системы.

Рассмотрим примеры реализации модернизации для некоторых показателей. Выберем показатель «Абстрактность» – доля слов в тексте, обозначающих абстрактные смысловые объекты, то есть такие, которые не доступны непосредственному чувственному восприятию. Предполагается, что чем больше доля абстрактных слов в учебном тексте, тем сложнее он будет усваиваться студентами.

Для оценки абстрактности используется методика А. Я. Микка, которая основана на следующей формуле:

$$X_{\text{абс}} = (X_{\text{ас}} / X_{\text{окс}}) \cdot 100\% ,$$

где $X_{\text{абс}}$ – количество абстрактных имен существительных, $X_{\text{окс}}$ – общее количество слов в тексте. Абстрактность имен существительных определяется подсчетом

слов с абстрактными суффиксами. Такими суффиксами в русском языке являются: -ость, -есть, -мость, -ность, -ани-, -ени-, -еств-, -изм и др. [69]. Таким образом, необходимо уменьшить число абстрактных слов в тексте. Для определения нового значения показателя необходимо воспользоваться инструментальной системой. При этом надо ориентироваться на заданное значение трудоемкости. Например, для ЭУМКД 4 необходимо улучшить показатель на 3.429 единиц, затратив 0.507 часа.

Для улучшения показателя «Креолизация» необходимо выделить текст определенным образом. В системе заложено семь способов выделения текста: фоновым цветом, жирным шрифтом, рамкой, курсивом, ссылкой, пиктограммой, подчёркиванием. Для определения нового значения показателя необходимо также воспользоваться инструментальной системой. Аналогично предлагается поступать с другими показателями.

4.6 Сравнительный анализ инструментальных систем оценивания качества учебного контента и его модернизации

В результате обзора и опыта использования были сформированы следующие критерии сравнения:

Реализация на основе веб-технологий. Это позволит снизить требования к ПО персонального компьютера конечного пользователя (потребуется только веб-браузер), снизить требования к компетенциям конечного пользователя (систему не нужно будет устанавливать), реализовать кросс-платформенность доступа (система будет доступна с любого компьютера, подключенного к сети и имеющего веб-браузер).

Поддержка русского языка интерфейса. Это необходимо для эффективного использования системы на территории РФ.

База знаний критериев. Позволяет хранить набор критериев для оценки ЭУМКД, добавлять новые и изменять имеющиеся критерии.

Построение процедуры оценки. Позволяет формировать процедуру оценивания с требуемыми критериями (в том числе объединенными в группы) и весовыми коэффициентами для оценки ЭУМКД (учитывая его состав).

Количественные критерии оценивания. Позволяют провести объективную оценку ЭУМКД. Их значения рассчитываются по известным формулам и алгоритмам и выражаются в виде некоторого числа.

Качественные критерии оценивания. Позволяют получить оценку ЭУМКД специалистами предметной области на основе экспертного опроса.

Планирование модернизации. Дает возможность формировать план обновления (модернизации) ЭУМКД на основе полученных оценок.

В таблице 4.13 приведена информация о разработанной автором диссертационной работы инструментальной системе в сравнении с ее аналогами.

Таблица 4.13 – Сравнение систем оценивания качества учебного контента и его модернизации

| Показатель | Свирь | АИС «МАИ» | LightReader | Система оценки учебных материалов | Система оценки качества мультимедийных презентаций | Инструментальная система оценивания и модернизации учебного контента |
|-------------------------------------|-------|-----------|-------------|-----------------------------------|--|--|
| Реализация на основе веб-технологий | – | + | – | + | – | + |
| Поддержка русского языка интерфейса | + | + | + | – | + | + |
| База знаний критериев | – | + | – | – | – | + |
| Построение процедуры оценки | + | + | – | – | – | + |
| Количественные критерии оценивания | + | – | + | – | – | + |
| Экспертные критерии оценивания | – | + | – | + | + | + |
| Планирование модернизации | – | – | – | – | – | + |

На основе данных, представленных в таблице 4.13, можно сделать следующие выводы:

1. Большинство рассмотренных систем представляет собой десктопные приложения, работающие на версиях ОС Windows, которые больше не поддерживаются корпорацией Microsoft, что ограничивает их использование. Инструментальная система представляет собой веб-сервис, поэтому может быть использована более широким кругом пользователей.
2. В отличие от аналогов инструментальная система имеет базу знаний критериев и позволяет формировать процедуру вычисления матрицы оценок путем включения или удаления критериев оценки из базы знаний. Это позволяет оценивать ЭУМКД разных составов и под разные запросы.
3. В исследованных системах оценка производится или по количественным, или по качественным критериям. В случае с инструментальной системой производится комплексная оценка как по автоматическим (количественным) критериям, значения которых получаются по известным формулам и алгоритмам без привлечения экспертов, так и по экспертным (качественным) критериям. Это позволяет получить более объективную оценку.
4. Одной из важных функций системы является построение плана модернизации ЭУМКД на основе полученных оценок. Такая возможность в настоящий момент поддерживается только в инструментальной системе.
5. Проводить сравнение инструментальной системы с аналогами по таким показателям, как время на оценку ЭУМКД, время на построение плана модернизации не является целесообразным, так как аналоги не выполняют комплексную оценку (и по количественным, и по качественным критериям) и не строят план модернизации.

4.7 Анализ внедрений инструментальной системы оценки качества и построения плана модернизации учебного контента

4.7.1 Анализ затрат на получение плана модернизации учебного контента

Для оценки экономической эффективности от внедрения инструментальной системы был проведен сравнительный эксперимент, целью которого являлось определение временных затрат на разработку плана модернизации учебного контента. В рамках эксперимента сравнивалось время, затраченное учебно-методическим отделом ФДО на получение плана модернизации без использования и с использованием инструментальной системы.

Стоит отметить, что ранее данная задача не решалась (план модернизации составлялся по причине изменения условий внешней среды). Поэтому все последующие расчеты выполнены в рамках диссертационной работы.

Рассмотрим последовательность действий одного работника учебно-методического отдела ФДО (методиста) для составления плана модернизации учебного контента:

1. *Выбор ЭУМКД для оценивания.* В рамках эксперимента методисту необходимо было выбрать 10 ЭУМКД, требующих модернизации. На апрель 2022 г. на ФДО в учебном процессе используется 372 ЭУМКД. Выбор 10 из них является довольно трудоёмкой задачей, поэтому рассматривались ЭУМКД, разработанные в 2019–2022 гг. Их количество составило 63. На выбор 10 из них методист затратил 50 часов.

2. *Оценка ЭУМКД по автоматическим критериям.* Методист должен получить оценки ЭУМКД по автоматическим критериям и весовым коэффициентам, предложенным автором в рамках диссертационной работы. В любом случае он делал бы это с использованием дополнительного ПО в автоматическом режиме, то есть затратил бы на это незначительное время в сравнении со временем, затраченным на другие виды работ, и этим временем можно пренебречь.

3. *Оценка ЭУМКД по экспертным критериям.* Методист получал оценки по экспертным критериям и весовым коэффициентам, предложенным автором в рамках диссертационной работы. Время на оценку ЭУМКД по экспертным критериям будет одинаковым как при использовании инструментальной системы, так и без ее использования, поэтому не учитываем его в расчетах.

4. *Получение итоговых оценок ЭУМКД.* На данном шаге методист выполнял обработку полученных результатов, а именно: преобразовал экспертные оценки в числовые данные, сохранил полученные оценки в файл с расширением *.xlsx. Далее задал формулы (с учетом весовых коэффициентов) для вычисления итоговой оценки по каждому ЭУМКД и получил по ним эти оценки. Данная работа выполнялась в MS Excel. На выполнение данного этапа методист потратил 7 часов.

5. *Получение рейтинга ЭУМКД.* Имея оценки качества каждого ЭУМКД, методист получил их рейтинг (упорядочил имеющийся набор ЭУМКД в соответствии с итоговыми оценками). Время на получение рейтинга не учитывается при подсчете времени, затраченного методистом на получение плана модернизации, так как операция сортировки данных в MS Excel является тривиальной.

6. *Построение плана модернизации ЭУМКД.* Перед методистом возникает оптимизационная задача – необходимо повысить рейтинг 10 ЭУМКД, затратив на оплату труда автора не более n рублей. При этом n известно. Для решения этой задачи методист может предположить, какой объем ЭУМКД модернизирует автор, и посчитать соответствующие финансовые затраты на основе Положения об оплате работ по разработке элементов электронных курсов ФДО. На это уйдет порядка 2 часов. Однако, исходя из опыта работы учебно-методического отдела ФДО, полученный план будет значительно отличаться от фактических объемов модернизации и, соответственно, финансовых затрат. Таким образом, данный план будет эвристическим.

Кратко представим рассмотренные этапы в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Временные затраты методиста на получение плана модернизации учебного контента

| № | Этап | Затраченное время, ч |
|--------------|--|----------------------|
| 1 | Выбор ЭУМКД для оценивания | 50 |
| 2 | Оценка ЭУМКД по автоматическим критериям | 0 |
| 3 | Оценка ЭУМКД по экспертным критериям | 0 |
| 4 | Получение итоговых оценок ЭУМКД | 7 |
| 5 | Получение рейтинга ЭУМКД | 0 |
| 6 | Построение плана модернизации ЭУМКД | 2 |
| ИТОГО | | 59 |

Таким образом, на построение плана модернизации у методиста уйдет 59 часов.

Построение плана модернизации ЭУМКД с использованием инструментальной системы начинается с получения рейтинга ЭУМКД. На это уходит 0,28 ч. График изменения времени получения рейтинга ЭУМКД в зависимости от количества оцениваемых ЭУМКД в инструментальной системе показан на рисунке 4.21.

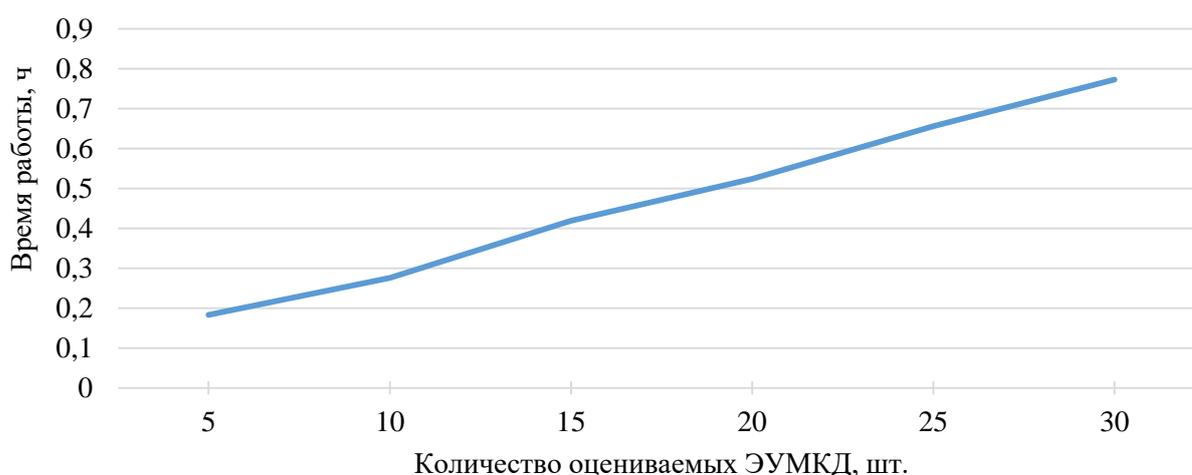


Рис. 4.21 – Время получения рейтинга ЭУМКД в инструментальной системе

Далее на основе полученного рейтинга ЭУМКД строится план модернизации. На это уходит 0,9 ч. График изменения времени получения плана модернизации

ЭУМКД в зависимости от количества оцениваемых ЭУМКД в инструментальной системе представлен на рисунке 4.22.

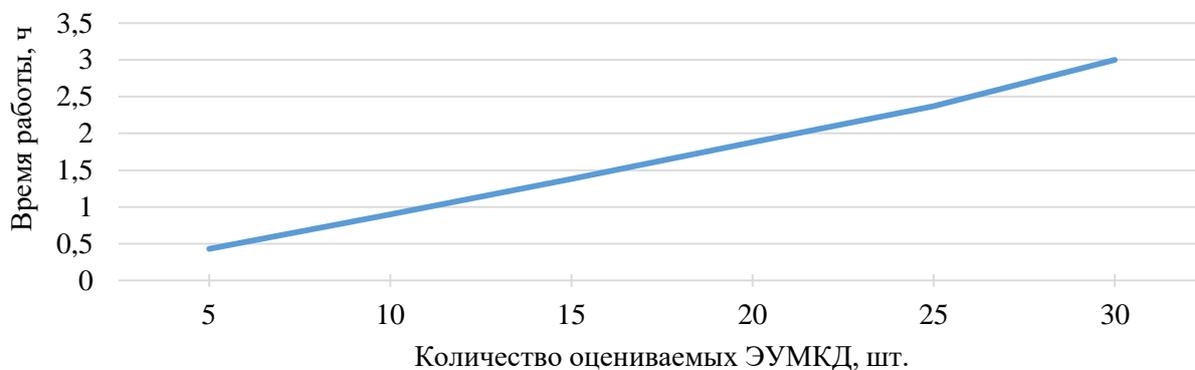


Рис. 4.22 – Время получения плана модернизации ЭУМКД в инструментальной системе

Таким образом, на построение плана модернизации с использованием инструментальной системы у методиста уйдет *1,18 ч*.

За это время инструментальная система на основе генетического алгоритма с заданными параметрами построит план модернизации.

Время работы инструментальной системы оценивалось на персональном компьютере со следующими характеристиками:

- процессор Intel Core i5-7400 3.00 Гц;
- ОЗУ 8 ГБ;
- ОС Windows 10 Pro.

Следует подчеркнуть, что если методисту нужно будет изменить критерии оценивания или изменить выборку оцениваемых ЭУМКД, то следует повторно выполнить все вышеописанные действия. Использование инструментальной системы позволит сделать это значительно быстрее.

Таким образом, использование инструментальной системы позволяет:

- получить план модернизации на основе использования генетического алгоритма с заданными параметрами;
- знать объемы модернизации и соответствующие затраты;

- строить план модернизации учебного контента в 50 раз быстрее;
- исключить человеческий фактор (отсутствие ошибок при подсчете оценок и рейтинга ЭУМКД).

4.7.2 Формирование оценки качества сайта Школы цифровых технологий и использование ее для построения технического задания на его модернизацию

Школа цифровых технологий (ШЦТ) предназначена для организации внеучебной деятельности школьников по направлению «Цифровые технологии». Она ориентирована на школьников с 1 по 11 класс, которых обучают робототехнике, электронике и программированию. *Основной принцип ШЦТ* – работа с настоящими инженерными материалами и инструментами без использования конструктора Lego. В школе имеются кружки, мастер-классы, площадки, которые функционируют как в очной, так и в дистанционной форме обучения. ШЦТ основана в 2013 г. За время работы школы было организовано 33 центра в 20 городах России и Беларуси, выпущено более 6000 учеников, среди них имеются призеры соревнований WorldSkills Russia, «Ш.У.С.Т.Р.И.К» и НТИ.

Сайт Школы цифровых технологий обеспечивает информационную поддержку работы образовательной организации (<https://cmit.ru/tomsk/>) (рис. 4.23).



Рис. 4.23 – Основная страница сайта школы цифровых технологий

Основные разделы сайта:

1. Главная страница.
2. Кружки.
3. Мастер-классы.
4. Каникулы.
5. Новости.
6. Вакансии.
7. Рейтинг.

Каждый из разделов имеет подразделы, например, раздел «Кружки» представляет собой описание кружков для разных возрастных групп школьников и видов деятельности. Разделы представлены в виде отдельных страниц и содержат текст, иллюстрации, видео, ссылки на другие разделы и источники.

Для оценки качества сайта были использованы показатели инструментальной системы, а именно:

1. Абстрактность – для оценки сложности восприятия текста.
2. Плотность ключевых слов – для оптимизации формирования поисковых запросов.
3. Удобочитаемость.
4. Водность – для выявления лишних слов и оборотов.
5. Степень креолизации.

Оценка качества дизайна страниц сайта проводилась по экспертным критериям инструментальной системы:

1. Соответствие дизайна целевой аудитории.
2. Соответствие текстовой и графической информации.
3. Удобство интерфейса сайта.
4. Доступность справочной информации.

Данные критерии получены на основе опроса экспертов и представлены в инструментальной системе в виде анкет.

Использование инструментальной системы позволило:

1. Построить систему оценки качества электронного контента и определить качество отдельных элементов электронного контента.
2. Сформировать техническое задание на модернизацию электронного контента организации и на 15% сократить время на его разработку.

Выводы по главе 4

1. Анализ учебного контента ФДО ТУСУР показал, что значения критериев оценивания имеют низкие или средние значения.
2. Построенная система оценивания позволяет оценить состояние учебного контента выделенного множества ЭУМКД.
3. Проведен анализ временных затрат авторов на модернизацию. Выявленное множество функций затрат носит квадратичный или линейный характер, коэффициенты уравнений регрессии статистически значимы. Представленный набор функций затрат позволит решить задачу планирования мероприятий по модернизации учебного контента ФДО ТУСУР.
4. Генетический алгоритм обеспечивает построение нескольких альтернативных планов мероприятий по модернизации учебного контента. При этом анализ графика показывает близкий к линейному характер зависимости суммарного рейтинга от значения суммарных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решена научно-техническая задача повышения эффективности управления в области оценивания качества и модернизации электронного учебного контента на основе развития и использования методов теории управления, принятия решений и разработки информационных систем. В процессе решения задачи:

1. Проведен анализ текущего состояния оценивания и модернизации учебного контента систем дистанционного обучения. Рассмотрены модели, методы и программные системы оценивания качества и модернизации учебного контента.

2. Построена онтологическая модель оценивания учебного контента. Выявлены два класса критериев оценивания: автоматические, значения которых вычисляются на основе алгоритма; экспертные, значения которых определяются экспертами. Получена структура базы знаний по критериям оценивания.

3. Разработан и исследован алгоритм построения плана модернизации учебного контента, в основе которого лежит генетический подход. Проведено исследование временной сложности данного алгоритма в зависимости от числа искомых переменных, показан их линейный характер. Произведено сравнение полученного алгоритма с известным алгоритмом динамического программирования на предмет сходимости к оптимальному значению.

4. Разработана методика оценивания классов ЭУМКД на основе использования базы знаний по критериям оценивания качества с возможностью введения новых критериев, основанных на использовании экспертов и построении иерархической системы признаков с возможностью введения и обработки коэффициентов значимости.

5. Обоснована идея создания инструментальной системы оценивания качества и модернизации учебного контента, выявлены требования, построены функциональные диаграммы системы, описана программная реализация в виде веб-сервиса.

6. Проведено исследование множества электронных учебно-методических комплексов дисциплин ФДО ТУСУР, которое показало, что значения выделенных автоматических критериев в целом находятся в первой половине шкалы, что свидетельствует о возможности улучшения качества оцениваемого множества ЭУМКД.

7. Разработана система оценивания электронных учебно-методических комплексов ФДО, основанная на проведенном анализе, экспертном оценивании системы критериев и опыте, накопленном в ТУСУР. Применение системы оценивания качества показало, что суммарное значение обобщенных критериев для представленного множества ЭУМКД составляет 12.48078, или 41,6% от максимального значения (30), что свидетельствует о потенциальной возможности улучшения их качества; отсутствует группирование по типу ЭУМКД, что дает возможность сравнивать между собой гуманитарные, технические и физико-математические учебные материалы.

8. Разработан план модернизации для 30 ЭУМКД на основе созданной системы оценивания качества ЭУМКД. Представлен график зависимости значения суммарного рейтинга, полученного на основе алгоритмов планирования для этого множества ЭУМКД в зависимости от суммарного значения функций затрат.

9. Сравнительный анализ программных систем показал достоинства разработанной инструментальной системы оценки качества и построения плана модернизации учебного контента: веб-интерфейс и оригинальный набор функций с возможностью быстрого внесения изменений в систему оценивания.

10. Внедрение результатов диссертации показало:

1) на факультете дистанционного обучения ТУСУР получены система оценивания и план модернизации для 10 ЭУМКД;

2) план модернизации выполнен на 91%, при этом суммарная оценка обобщенных показателей качества ЭУМКД увеличилась на 30%;

3) затраты на получение плана модернизации учебного контента в десятки раз меньше при использовании разработанного программной системой;

4) возможность применения разработанной программной системы для оценки качества и построения технического задания для модернизации сайта малого предприятия.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Moodle (modular object-oriented dynamic learning environment) – система управления курсами

АА – алгоритм анализа

АЭ – анкета эксперта

БД – база данных

ГИА – государственная итоговая аттестация

ИС – инструментальная система

МООК – массовые открытые онлайн-курсы

МУ – методические указания

ОК – основной компонент

ПО – программное обеспечение

РП – рабочая программа

СДО – система дистанционного обучения

УМП – учебно-методическое пособие

УП – учебное пособие

ЭК – электронный курс

ЭОИ – электронное образовательное издание

ЭОР – электронный образовательный ресурс

ЭТ – электронная таблица

ЭУК – электронный учебный контент

ЭУМКД – электронный учебно-методический комплекс дисциплины

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснова, Г. А. Электронное образование в эпоху цифровой трансформации / Г. А. Краснова, Г. В. Можяева. – Томск : ИД Том. гос. ун-та, 2019. – 200 с.
2. Магомедова, К. Т. Этапы развития электронного обучения и их влияние на появление новых технологических стандартов качества электронного обучения / К. Т. Магомедова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Образование. Педагогические науки. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 22–29.
3. Кобзев, А. В. Организация дистанционного обучения в Томском межвузовском центре дистанционного образования / А. В. Кобзев, В. А. Бондарь, А. И. Воронин, В. В. Кручинин, А. В. Миллер, А. Ф. Уваров, Н. И. Хлопотникова, А. В. Шарапов // Тезисы докладов региональной конференции «Современное образование: Система и практика обеспечения качества». – Томск : Изд-во ТУСУР, 2002. – С. 98–101.
4. Воронин, А. И. Переход от кейсовой технологии дистанционного обучения к виртуальному университету / А. И. Воронин, В. К. Жуков, А. В. Кобзев, В. В. Кручинин, А. Ф. Уваров // Современное образование: Интеграция учебы, науки производства : материалы регион. науч.-метод. конф. – Томск : Изд-во ТУСУР, 2003. – С. 79–80.
5. Kearsley, G. Distance education: a systems view / G. Kearsley, M. Moore. – Washington: Wadsworth Publishing Company, 1996. – 290 P.
6. Костюк, Ю. Л. Массовые открытые онлайн-курсы – современная концепция в образовании и обучении / Ю. Л. Костюк, И. С. Левин, А. Л. Фукс, И. Л. Фукс, А. Е. Янковская // Вестник Томского государственного

- университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 1. – С. 89–98.
7. Зюзьков, В. М. Разработка массового открытого онлайн-курса по математической логике в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники / В. М. Зюзьков, О. Ю. Исакова, И. П. Левшенкова // Современное образование: Проблемы взаимосвязи образовательных и профессиональных стандартов : материалы Междунар. науч.-метод. конф. (28–29 января 2016 г.). – Томск : Изд-во ТУСУРа, 2016. – С. 93–94.
 8. Исакова, О. Ю. Массовый открытый онлайн-курс «Азбука финансов» / О. Ю. Исакова, Л. Л. Максименко, В. Ю. Цибульникова // Современное образование: Развитие технологий и содержания высшего профессионального образования как условие повышения качества подготовки выпускников : материалы Междунар. науч.-метод. конф. – Томск : Изд-во ТУСУРа, 2017. – С. 243–244.
 9. Городович, А. В. Развитие программно-методического обеспечения технологий электронного обучения в ТУСУРе / А. В. Городович, О. Ю. Исакова, И. А. Кречетов, В. В. Кручинин, Ю. В. Морозова, В. В. Романенко, И. П. Черкашина // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2017. – № 3. – С. 62–69.
 10. Семеновских, Т. В. Методика электронного обучения [Электронный ресурс] / Т. В. Семеновских, С. Ф. Шляпина ; Тюменский государственный университет. – URL: http://www.distance.ru/assets/files/teacher/method_estudy.pdf (дата обращения: 15.01.2021).

11. Учебно-методический комплекс по дисциплине. Разработка, публикация, сопровождение. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 64 с.
12. Городович, А. В. Текущее состояние и проблемы модернизации контента в системе электронного обучения ТУСУР / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Современное образование: качество образования и актуальные проблемы современной высшей школы : материалы Междунар. науч.-метод. конф. – Томск, 2019. – С. 109–111.
13. Субетто, А. И. Квалиметрия : малая энциклопедия / А. И. Субетто. – СПб. : ИПЦ СЗИУ – фил. РАНХиГС, 2015. – Вып. 1. – 244 с.
14. Микони, С. В. Теория принятия управленческих решений / С. В. Микони. – СПб. : Лань 2015. – 448 с.
15. Подиновский, В. В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В. В. Подиновский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 64 с.
16. Шалкина, Т. Н. Показатели и критерии качества электронного учебного курса [Электронный ресурс] / Т. Н. Шалкина // Образовательные технологии и общество. – 2015. – № 3. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18_i3/pdf/18.pdf (дата обращения: 02.02.2021).
17. Kojanitz, L. Learning-Centered Quality Assessment (Textbook) [Electronic resource] / László Kojanitz ; Institute of Textbook and Learning Materials Research // Academia.edu. – URL: https://www.academia.edu/5772863/Learning_Centered_Quality_Assessment_Textbook_ (accessed 10.02.2021).
18. Джалалов, С. С. Критерии и показатели эффективности учебной книги на смысловой основе / С. С. Джалалов, И. А. Рудакова // Современные

- проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14820> (дата обращения: 24.04.2022).
19. Лабадзе, О. С. Критерии оценки качества электронных учебников для дистанционного обучения / О. С. Лабадзе, М. З. Церцвадзе // Новые информационные технологии в образовании : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (13–16 марта 2012 г.). – Екатеринбург, 2012. – С. 367–369.
 20. Бухаркина, М. Ю. Электронный учебник: методика оценки и проблемы выбора [Электронный ресурс] / М. Ю. Бухаркина // Научная сеть Sciepeople.ru. – URL: <http://sciepeople.ru/publication/124284/> (дата обращения: 20.04.2022).
 21. Вострокнутов, И. Е. Теория и технология оценки качества программных средств образовательного назначения : монография / И. Е. Вострокнутов ; МГПУ ИЦО, Арзамасский филиал ННГУ. – М. : Образование и информатика, 2019. – 246 с.
 22. Андреев, А. А. Оценка качества онлайн курсов [Электронный ресурс] / А. А. Андреев // Территория науки. – 2015. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-onlayn-kursov> (дата обращения: 24.04.2022).
 23. Разработка оценки/критериев качества онлайн-курсов в сфере высшего образования и электронной системы рейтингования [Электронный ресурс]// Материалы форума «Интернет+образование» / Институт развития Интернета (31 мая 2016 г.). – URL: <http://forums.iri.center/education/section/3263> (дата обращения: 05.04.2022).
 24. Городович, А. В. Многокритериальное оценивание электронных учебно-методических комплексов / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова, Ю. В. Морозова // EdCrunch Томск : материалы Междунар.

- конф. по новым образовательным технологиям. – Томск : ИД Том. гос. ун-та, 2019. – С. 103–112.
25. Митина, О. В. Методы анализа текста: методологические основания и программная реализация / О. В. Митина, А. С. Евдокименко // Вестник ЮУрГУ. – 2010. – № 40 – С. 29–38.
26. Амиева, А. М. Основные методики исследования структуры текста / А. М. Амиева, В. В. Филимонов, А. П. Сергеев // Передача, обработка, восприятие текстовой и графической информации : материалы международной научно-практической конференции. – Екатеринбург : УрФУ, 2015. – С. 251–263.
27. Майер, Р. В. Дидактическая сложность учебных текстов и ее оценка : монография / Р. В. Майер. – Глазов : ГГПИ, 2020. – 148 с.
28. List of text mining software [Electronic resource] // Wikipedia.org. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_text_mining_software (accessed 19.01.2022).
29. Майер, Р. В. Компьютерные программы, автоматизирующие оценку объектов и контент-анализ текста [Электронный ресурс] / Р. В. Майер // Психология, социология и педагогика. – 2015. – № 1 – URL: <https://psychology.snauka.ru/2015/01/4287> (дата обращения: 03.11.2021).
30. Кротова, И. В. Оптимизация совместимости учебной наглядности (на примере учебников средней школы) : автореф. дис.. д-ра пед. наук / И. В. Кротова. – Чита, 2009. – 39 с.
31. Солнышкина, М. И. Сложность текста: этапы изучения в отечественном прикладном языкознании / М. И. Солнышкина, А. С. Кисельников // Вестн. Том. гос. ун-та. Филология. – 2015. – № 6 (38). – С. 86–99.
32. Основы оформления советской книги / под ред. А. А. Сидорова, В. А. Истрина. – М., 1956. – 504 с.

33. Зильберштейн, А. И. Дидактический анализ иллюстраций учебников средней школы / А. И. Зильберштейн // Сов. педагогика. – 1954. – № 6. – С. 56–68.
34. Кузьминский, К. С. Иллюстрирование учебной книги / К. С. Кузьминский. – 2-е изд. – М., 1934. – 112 с.
35. ГОСТ Р 7.0.3-2006. «СИБИД. Издания. Основные элементы. Термины и определения» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200045958> (дата обращения: 20.05.2022).
36. Митусова, О. А. Иллюстрации в учебных пособиях как средство мотивации речевой деятельности [Электронный ресурс] / О. А. Митусова // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 5 (24). – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/133PVN514.pdf> (дата обращения: 11.11.2022).
37. Рябинина, Н. З. Технология редакционно-издательского процесса [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. З. Рябинина.– М. : Логос, 2012.– 255 с.
38. Ердяков, С. В. Критерии и методы укрупнённой оценки качества изображений в растровых графических форматах [Электронный ресурс] / С. В. Ердяков. – URL: <http://www.aiportal.ru/articles/other/evaluation-of-image-quality.html> (дата обращения: 10.11.2021).
39. Кротова, И. В. Возможности системно-параметрического анализа совместимости наглядности в учебной литературе / И. В. Кротова // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2008. – № 314. – С. 177–183.
40. Ананьев, С. С. Методические аспекты разработки курсов видеолекций [Электронный ресурс] / С. С. Ананьев. – URL: <http://refleader.ru/jgeotrplyfs.html> (дата обращения: 20.10.2021).

41. Белоножкин, Ю. Н. Практические основы создания видеолекций для студентов [Электронный ресурс] : обучающий курс для преподавателей / Ю. Н. Белоножкин. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=JsudL_OZ_u8 (дата обращения: 20.10.2021).
42. Тавдгиридзе, Л. А. Видеолекции в учебном процессе [Электронный ресурс] / Л. А. Тавдгиридзе // Язык, коммуникация и социальная среда. – Вып. 7. – Воронеж : ВГУ, 2009. – С. 142–149. – URL: <http://lse2010.narod.ru/index/0-102> (дата обращения: 21.11.2021).
43. Ильина, Н. А. Переносим лекции в онлайн: разработка видеоконтента для реализации учебного процесса в электронной среде [Электронный ресурс] / Н. А. Ильина. – Томск : ТПУ, 2015. – URL: https://portal.tpu.ru/eL/img/Tab1/uchebnoe_video_2.pdf (дата обращения: 29.10.2021).
44. Как сделать обучающее видео в офисе или дома – пошаговое руководство [Электронный ресурс] // Интернет-портал iSpring. – URL: <https://www.ispring.ru/elearning-insights/kak-sdelat-videourok-v-ofise> (дата обращения: 18.01.2022).
45. Белоус, В. В. Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества / В. В. Белоус, А. С. Домников, А. П. Карпенко // Наука и образование. – 2011. – № 4. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/184741.html> (дата обращения: 08.08.2021).
46. Старыгина, С. Д. Дидактическая инженерия: Оценка сложности и продолжительности теста достижений / С. Д. Старыгина, Н. К. Нуриев, Е. А. Печеный // Science of Europe. – 2017. – Vol. 2, № 14. – С. 17–21.
47. Власюк, И. В. Экспертиза учебно-методического обеспечения основных профессиональных образовательных программ системы среднего

- профессионального образования / И. В. Власюк, Н. Н. Зайцева // Известия ВГПУ. – 2018. – № 1 (124). – С. 13–18.
48. Положение об экспертизе учебно-методических материалов Педагогического института Иркутского государственного университета [Электронный ресурс]. – URL: pi.isu.ru/ru/about/docs/polexpertiza.doc (дата обращения: 15.08.2021).
49. Положение о порядке экспертизы и присвоения грифа Учебно-методического совета печатным и электронным учебным изданиям [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.bsu.ru/content/page/1125/31.-polozhenie_o_poryadke_ekspertizi_i_prisvoeniya_grifa-\(3\).PDF](http://www.bsu.ru/content/page/1125/31.-polozhenie_o_poryadke_ekspertizi_i_prisvoeniya_grifa-(3).PDF) (дата обращения: 18.08.2021).
50. Создание и развитие системы «Свирь» [Электронный ресурс] // Сайт научной школы «Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив». – URL: <http://www.mcd-svir.ru/refer08.html> (дата обращения: 14.05.2021).
51. Микони, С. В. Инструментальная система для решения задач многокритериального выбора / С. В. Микони, Д. П. Бураков, М. И. Гарина // Программные продукты и системы. – 2009. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumentalnaya-sistema-dlya-resheniya-zadach-mnogokriterialnogo-vybora> (дата обращения: 08.08.2021).
52. Шалкина, Т. Н. Применение метода анализа иерархий для оценки качества электронных образовательных изданий / Т. Н. Шалкина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 7. – С. 163–166.
53. Оборнева, И. В. Автоматизация оценки качества восприятия текста / И. В. Оборнева // Вестник Московского городского педагогического университета. – 2005. – № 2 (5). – С. 221–233. – URL:

- <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12804809> (дата обращения: 09.08.2021).
54. Глушань, В. М. Компьютерный анализ сложности текстов учебно-методических разработок как средство повышения качества обучения / В. М. Глушань // Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова. – 2016. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternyy-analiz-slozhnosti-tekstov-uchebno-metodicheskikh-razrabotok-kak-sredstvo-povysheniya-kachestva-obucheniya> (дата обращения: 18.05.2021).
 55. The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (Dematel) and Analytic Network Process (ANP) for Learning Material Evaluation System / Ginanjar Setyo Permadi, Tanhella Zein Vitadiar, Terdy Kistofor, Ahmad Heru Mujianto // E3S Web Conf. – 125 (2019). – 23011 p.
 56. A view of MCDM application in education / Durrani Aimi Abdul Malik and Yuhani Yusof and Ku Muhammad Na'im Ku Khalif // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1988, Simposium Kebangsaan Sains Matematik ke-28 (SKSM28). – Kuantan, Pahang, 2021.
 57. DEMATEL software [Electronic resource] // Onlineoutput.com. – URL: <https://onlineoutput.com/dematel-software/> (accessed 22.05.2021).
 58. Савченко, В. Ф. Оценка качества учебной мультимедийной презентации [Электронный ресурс] / В. Ф. Савченко // 11-я науч.-практ. конф. проф.-препод. состава ВПИ (филиал) ВолгГТУ (Волжский, 27–28 янв. 2012 г.) : сб. материалов. – URL: https://volpi.ru/files/science/science_conference/11nprkpps_2012/11nprkpps_full.pdf (дата обращения: 24.07.2021).
 59. Leuf, B. The Wiki Way: Quick Collaboration on the Web / B. Leuf, W. Cunningham. – Addison-Wesley Professional, 2001. – 464 p.

60. Шестаков, В. К. Извлечение онтологий из wiki-систем / В. К. Шестаков // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 1 (77). – С. 63–67.
61. Кравцов, Д. В. Метод извлечения из Википедии предметно-ориентированных лингвистических онтологий [Электронный ресурс] / Д. В. Кравцов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12-3. – С. 422–425. – URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35283> (дата обращения: 19.06.2021).
62. Кудрявцев, Д. В. Системы управления знаниями и применение онтологий : учеб. пособие / Д. В. Кудрявцев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 344 с.
63. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения : учеб. пособие / Б. В. Добров, В. В. Иванов, Н. В. Лукашевич, В. Д. Соловьев. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 173 с.
64. Муромцев, Д. И. Онтологический инжиниринг знаний в системе Protégé. – СПб. : СПб ГУ ИТМО, 2007. – 62 с.
65. Flesch, R. A new readability yardstick / R Flesch // Journal of Applied Psychology. – 1948. – Vol. 32(3). – P. 221–233.
66. Мизернов, И. Ю. Анализ методов оценки сложности текста / И. Ю. Мизернов, Л. А. Гращенко // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2015. – № 18. – С. 572–581.
67. Морозова, Ю. Методика анализа электронного учебного контента / Ю. Морозова, И. Уртамова // Открытое и дистанционное образование. – 2017. – № 4(68). – С. 38–44.

68. Городович, А. В. Анализ электронного учебно-методического обеспечения факультета дистанционного обучения ТУСУР / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Открытое и дистанционное образование. – 2022. – № 1(81) (в печати).
69. Микк, Я. А. Оптимизация сложности учебного текста / Я. А. Микк. – М. : Просвещение, 1981. – 119 с.
70. Уртамова, И. А. Критерии анализа электронного учебного контента / И. А. Уртамова, Ю. В. Морозова // Современное образование: развитие технологий и содержания высшего профессионального образования как условие повышения качества подготовки выпускников. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2017. – С. 186–187.
71. Городович, А. В. Метод определения степени креолизации учебного текста в электронных системах обучения / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Современные тенденции развития непрерывного образования: вызовы цифровой экономики : материалы Междунар. конф. – Томск : Изд-во Томск. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – С. 74–75.
72. Положение об электронном курсе в ТУСУРе [Электронный ресурс] // База нормативных документов ТУСУР. – URL: <https://regulations.tusur.ru/documents/1134> (дата обращения: 01.10.2021).
73. Городович, А. В. Методика построения системы оценивания электронных учебно-методических комплексов дисциплин / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Современное образование: повышение конкурентоспособности университетов. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2021. – Ч. 1. – С. 216–222.
74. Спиридонов, С. Б. Анализ подходов к выбору весовых коэффициентов критериев методом парного сравнения критериев [Электронный ресурс] /

- С. Б. Спиридонов, И. Г. Булатова, В. М. Постников // Интернет-журнал «Наукоеведение». – 2017. – Т. 9, № 6. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/16TVN617.pdf> (дата обращения: 28.11.2020).
75. Постников, В. М. Методы выбора весовых коэффициентов локальных критериев / В. М. Постников, С. Б. Спиридонов // Наука и Образование МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2015. – № 6. – С. 267–287.
76. Корячко, В. П. Теоретические основы САПР : учебник для вузов / В. П. Корячко, В. М. Курейчик, И. П. Норенков. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.
77. Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов / Э. Фёрстер, Б. Рёнц ; пер. с нем. и предисл. В. М. Ивановой. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 304 с.
78. Огурцов, А. Н. Алгоритм повышения согласованности экспертных оценок в методе анализа иерархий [Электронный ресурс] / А. Н. Огурцов, Н. А. Староверова // Вестник ИГЭУ. – 2013. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-povysheniya-soglasovannosti-ekspertnyh-otsenok-v-metode-analiza-ierarhiy> (дата обращения: 16.09.2021).
79. Постников, В. М. Подход к увеличению уровня согласованности мнений экспертов при выборе варианта развития системы обработки информации [Электронный ресурс] / В. М. Постников, С. Б. Спиридонов // Наука и образование. – 2013. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-raschetu-vesovyh-koeffitsientov-rangovyh-otsenok-ekspertov-pri-vybore-varianta-razvitiya-informatsionnoy-sistemy> (дата обращения: 17.06.2021).
80. Нехаев, И. Н. Онлайн-аналитика: верификация и улучшение структуры процесса обучения, оценка уровней сформированности предметных компетенций / И. Н. Нехаев, А. О. Илларионов // EdCrunch Томск :

- материалы Междунар. конф. по новым образовательным технологиям. – Томск : ИД Том. гос. ун-та, 2019. – С. 131–137.
81. Martello, S. Algorithms and Computer Implementations / Silvano Martello, Paolo Toth. // Knapsack Problems. – N. Y. : John Wiley & Sons, Inc., 1990. – 296 p.
 82. Kellerer, H. The Multiple-Choice Knapsack Problem / H. Kellerer, U. Pferschy, D. Pisinger // Knapsack Problems. – Berlin, Heidelberg, 2004. – P. 317–347.
 83. Zhong, T. Multiple Choice Knapsack Problem: Example of planning choice in transportation / T. Zhong, R. Young // Evaluation and Program Planning. – 2010. – Vol. 33, iss. 2. – P. 128–137.
 84. Газизов, Т. Т. Эволюционное моделирование приемопередающих антенных систем связи / Т. Т. Газизов // Информатика и системы управления. – 2016. – № 4 (50) – С. 3–10.
 85. Кречетов, И. А. Об одном алгоритме адаптивного обучения на основе кривой забывания / И. А. Кречетов, В. В. Кручинин // Доклады ТУСУР. – 2017. – № 1. – С. 75–80.
 86. Ковшов, Е. Е. Применение генетического алгоритма при оценке рисков инновационных проектов / Е. Е. Ковшов, О. В. Горяева // Российское предпринимательство. – 2010. – Т. 11, № 11. – С. 85–91.
 87. Jin, Z. A Genetic Algorithm for Investment – Consumption Optimization with Value-at-Risk Constraint and Information-Processing Cost [Electronic resource] / Z. Jin, Z. Yang, Q. Yuan // Risks. – 2019. – № 7(1). – P. 32. – doi.org/10.3390/risks7010032. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-9091/7/1/32> (accessed 08.01.2022).
 88. Казаков, П. В. Генетические алгоритмы многокритериальной оптимизации. Обзор / П. В. Казаков // Информационные технологии. – 2011. – № 10 (182). – С. 2–7.

89. Ехлаков, Ю. П. Управление программными проектами : учеб. пособие / Ю. П. Ехлаков. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 140 с.
90. Кречетов, И. А. О направлениях развития системы дистанционного обучения университета / И. А. Кречетов // Материалы Междунар. науч.-метод. конф. «Современное образование: интеграция образования, науки, бизнеса и власти». – 2022. – Ч. 1. – С. 116–123.
91. Рамбо, Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / Дж. Рамбо, М. Блаха. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2007. – 544 с.
92. Городович, А. В. Инструментальная система анализа и оценивания учебного контента / А. В. Городович, И. А. Кречетов, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Доклады ТУСУР. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 81–87.
93. Эрганова, Н. Е. Практикум по методике профессионального обучения: учеб. пособие / Н. Е. Эрганова, М. Г. Шалунова, Л. В. Колясникова. – 2-е изд., пересмотр. и доп. – Екатеринбург : Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. – 89 с.
94. Требования к структуре и содержанию онлайн-курсов и методические рекомендации по разработке онлайн-курсов в системе управления электронным обучением LMS MOODLE [Электронный ресурс] // Интернет-портал Томского политехнического университета. – URL: https://portal.tpu.ru/f_el/pdf/2019/tr_k_strsodok2019.pdf (дата обращения: 10.10.2021).
95. Raju, N. V. Online survey tools: A case study of Google Forms [Electronic resource] / N. V. Raju, N. S. Harinarayana. – URL: https://www.researchgate.net/publication/326831738_Online_survey_tools_A_case_study_of_Google_Forms (accessed 30.11.2020).

96. Kishore, K. How to create an online survey by using Google Forms [Electronic resource] / K. Kishore, L. Naik. – URL: https://www.researchgate.net/publication/333369585_HOW_TO_CREATE_AN_ONLINE_SURVEY_BY_USING_GOOGLE_FORMS (accessed 30.11.2020).
97. Using Google Forms for Medical Survey: A Technical Note [Electronic resource] / H. Mondal, S. Mondal, T. Ghosal, S. Mondal // *International Journal of Clinical and Experimental Physiology*. – 2018. – Vol. 5(4). – P. 216–218. – URL: <https://doi.org/10.5530/ijcep.2018.5.4.26> (accessed 28.04.2021).
98. Уолтерс, А. А. Производственные функции и функции затрат / А. А. Уолтерс // *Вехи экономической мысли. Т. 2. Теория фирмы* / под ред. В. М. Гальперина. – СПб. : Экономическая школа, 2000. – С. 160–204. – 534 с.
99. Городович, А. В. Задача и алгоритмы формирования плана мероприятий модернизации учебного контента / А. В. Городович, В. В. Кручинин, С. П. Сущенко // *Доклады ТУСУР*. – Томск, 2019. – Т. 22, № 4. – С. 69–74. – DOI: 10.21293/1818-0442-2019-22-4-69-74.
100. Дмитриева, О. В. Методические подходы к учету расходов на создание интернет-сайта организации [Электронный ресурс] / О. В. Дмитриева // *Международный бухгалтерский учет*. – 2017. – № 6 (420). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-uchetu-rashodov-na-sozdanie-internet-sayta-org> (дата обращения: 02.02.2022).
101. Angel, T. S. Cost model for E-learning system / T. S. Angel, Shiny & Kumar, G. Senthil & Subramaniam, Selvakumarasamy & Nancy, Maria & Suja, Veena // *International Journal of Control Theory and Applications*. – 2016. – Vol. 9. – P. 65–70.

102. Гребенникова, И. В. Методы математической обработки экспериментальных данных : учеб.-метод. пособие / И. В. Гребенникова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 124 с.
103. Чураков, Е. П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике : учеб. пособие / Е. П. Чураков. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 240 с.
104. Дрейпер, Н. Р. Прикладной регрессионный анализ / Норман Р. Дрейпер. – М. : Книга по Требованию, 2021. – Т. 2. – 350 с.
105. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, É. Duchesnay // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.
106. Scikit-learn user guide. Release 0.21 [Electronic resource]. – URL: https://scikit-learn.org/0.21/_downloads/scikit-learn-docs.pdf (accessed 20.01.2022).
107. Harris, C. R. Array programming with NumPy [Electronic resource] / C. R. Harris, K. J. Millman, S. J. van der Walt et al. // Nature. – 2020. – Vol. 585. – P. 357–362. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2> (accessed 20.01.2022).
108. Rashdi, Yahya. Comparative Analysis of Data Visualization Libraries Matplotlib and Seaborn in Python / Yahya Rashdi // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2021. – Vol. 10. – P. 277–281.

ПРИЛОЖЕНИЕ А АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Акт внедрения

результатов диссертационного исследования Городовича А.В.

Настоящий акт подтверждает факт использования результатов диссертационного исследования Городовича А.В. на кафедре информатики ФМФ ФГБОУ ВО «Томский государственный педагогический университет», а именно:

1. Онтологической модели предметной области оценивания качества учебного контента в системах дистанционного обучения, позволяющей автоматизировать процесс построения системы оценки качества разнообразных электронных методических материалов.
2. Базы знаний критериев для оценивания качества учебного контента и алгоритмы вычисления значений критериев.
3. Инструментальной системы оценивания и модернизации учебного контента, включающей модули: управления базой электронных методических материалов, построения процедуры оценивания, анализа учебного контента, обработки результатов оценивания и получения рейтинга, построения плана модернизации учебного контента.

Использование данных результатов позволило:

1. Снизить затраты на разработку системы оценивания электронных пособий на 10%.
2. Оценить 4 учебно-методических пособий, представленных в электронной форме.
3. Сформировать направления модернизации учебного контента.

Зав. кафедрой информатики

Декан ФМФ



А.Н. Стась

Е.Г. Пьяных



Общество с ограниченной ответственностью
«Бравый Страус»

ОГРН 1087017005240 ИНН 7017206299 КПП 701701001
634034, г. Томск, ул. Красноармейская, дом № 119, оф.245
e-mail: cmit@cmit.ru

от 20.04.2022 № 18

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «Бравый страус»


Ю.В. Васильев

Акт внедрения

результатов диссертационного исследования Городовича А.В.

Настоящий акт подтверждает факт использования результатов диссертационного исследования Городовича А.В. в ООО «Бравый страус».

В процессе развития web-сайта организации были использованы следующие программные продукты:

1. Базы знаний критериев для оценивания качества контента и алгоритмы вычисления значений критериев.
2. Инструментальная система оценивания и модернизации учебного контента

Использование данных результатов позволило:

1. Построить систему оценки качества электронного контента и определить качество отдельных элементов электронного контента.
2. Сформировать техническое задание на модернизацию электронного контента организации и на 15% сократить время на его разработку.

Директор
ООО «Бравый страус»



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
 РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по учебной работе



И.В. Севченко

«19» 07 2022 г.

АКТ

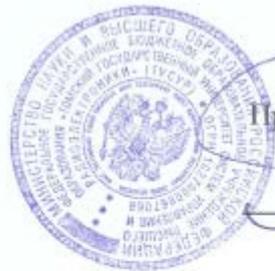
о внедрении результатов диссертационного исследования в учебном
 процессе ТУСУР
 Городовича Андрея Викторовича

Подтверждаю, что основные научные положения, выводы и рекомендации кандидатской диссертации Городовича Андрея Викторовича на тему: «Модели, алгоритмы и инструментальная система оценивания качества и модернизации учебного контента» внедрены в учебный процесс кафедры «Промышленной электроники» для подготовки магистров по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» по дисциплине «Компьютерные технологии в научных исследованиях».

Использование результатов диссертационного исследования позволило повысить уровень подготовки магистров в области разработки и модернизации электронных курсов.

Зав. каф. промышленной
 электроники

д.т.н., доцент
 Михальченко С.Г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и инновациям ТУСУР

А. Г. Лоцилов

«28» 04 2022 г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы
Городовича Андрея Викторовича

Комиссия в составе:

председатель: И. П. Черкашина, и. о. декана факультета дистанционного обучения (ФДО) ТУСУР,

члены комиссии: М. Ю. Перминова, канд. техн. наук, доцент кафедры технологий электронного обучения ТУСУР; И. А. Кречетов, канд. техн. наук, заведующий лабораторией инструментальных систем моделирования и обучения научного управления Института инноватики (ИИ) ТУСУР; О. Ю. Исакова, начальник учебно-методического отдела ФДО ИИ ТУСУР,

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы, выполненной на тему «Модели, алгоритмы и инструменты оценивания и модернизации учебного контента», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, были использованы на факультете дистанционного обучения ТУСУР.

Основные результаты внедрения:

1. Методика оценивания и модернизации учебного контента.
2. Инструментальная система построения системы оценивания качества учебного контента.
3. Система планирования модернизации учебного контента.

В процессе внедрения были осуществлены следующие мероприятия:

1. Проведен анализ учебного контента системы дистанционного обучения ФДО ТУСУР по автоматическим критериям, построены соответствующие гистограммы распределений значений критериев. Анализ текущего состояния базы электронных курсов ФДО показал, что материалы большинства электронных курсов имеют высокий уровень абстрактности (текст трудно или очень трудно понять), низкую информационную насыщенность (малое количество новых понятий, введенных в тексте), низкую удобочитаемость

(текст сложно воспринимается), низкую водность (малый процент содержания в тексте стоп-слов), малое общее количество иллюстраций и среднее число иллюстраций на страницу, удовлетворительную степень креолизации, среднее значение оценки качества справки. Значения рассмотренных критериев находятся на уровне минимальных или средних, что является основанием для включения указанных критериев в систему оценивания ФДО и проведения по ним модернизации электронных курсов с целью повышения качества учебного контента, представленного в них в текстово-графическом виде.

2. Разработана система оценки качества электронного учебного контента системы дистанционного обучения ФДО, включающая двадцать автоматических критериев и двадцать два экспертных критерия, предназначенная для оценки качества и построения рейтинга электронных учебно-методических комплексов дисциплин (ЭУМКД). Представленная система оценивания качества ЭУМКД ориентирована на решение проблемы модернизации электронного учебного контента и не исключает традиционные методы оценивания методического обеспечения. Наличие пополняемой базы знаний критериев оценивания обеспечивает возможность внесения изменений в имеющуюся систему оценки качества или создание новой системы оценивания для использования в иных целях. Проведенный на базе 30 ЭУМКД эксперимент показал, что суммарное значение обобщенных критериев для представленного множества ЭУМКД составляет 12,48078, или 41,6% от максимального значения (это свидетельствует о потенциальной возможности улучшения их качества); отсутствует группирование по типу ЭУМКД, что дает возможность сравнивать между собой учебные материалы по гуманитарным, техническим и физико-математическим дисциплинам.

3. Разработано Положение о порядке проведения конкурса «Лучший электронный курс» на основе применения инструментальной системы, в соответствии с которым проведен конкурс. В нем приняло участие 27 электронных курсов, в том числе 19 электронных курсов ФДО. Результаты конкурса показали заинтересованность преподавателей и авторов электронных курсов в проведении такого конкурса. По итогам конкурса получены предложения для дальнейшего улучшения системы оценки качества учебного контента.

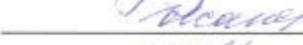
4. В процессе опытной эксплуатации инструментальной системы была выполнена процедура построения плана модернизации десяти ЭУМКД. Получены оценки трудозатрат и уровень повышения суммарного значения обобщенного критерия оценивания качества. Для выполнения этого плана

создана инструкция по модернизации ЭУМКД ФДО, проведено обучение авторов. В процессе выполнения данного плана выявлена необходимость:

- 1) доработки инструментальной системы для работы авторов с системой оценивания на предмет выявления проблем с учебным текстом;
- 2) проведения корректировки плана.

В целом, план выполнен на 91%, общий рейтинг ЭУМКД увеличился на 30%, что соответствует заявленному в плане значению.

5. Проведен анализ затрат на составление плана модернизации учебного контента ФДО, который показал, что полученная инструментальная система позволяет построить план модернизации учебного контента в 50 раз быстрее, чем без использования инструментальной системы.

| | | |
|-----------------------|---|-----------------|
| Председатель комиссии |  _____ | И. П. Черкашина |
| Члены комиссии: |  _____ | М. Ю. Перминова |
| |  _____ | О. Ю. Исакова |
| |  _____ | И. А. Кречетов |

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020612380

**«Система формирования плана мероприятий модернизации
учебного контента»**

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Томский
государственный университет систем управления и
радиоэлектроники» (RU)**

Автор: **Городович Андрей Викторович (RU)**



Заявка № **2020611279**

Дата поступления **11 февраля 2020 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **20 февраля 2020 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ислюев**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020618144

«Система анализа и оценивания учебного контента»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (RU)*

Авторы: *Городович Андрей Викторович (RU), Кречетов Иван Анатольевич (RU), Кручинин Владимир Викторович (RU), Перминова Мария Юрьевна (RU)*

Заявка № 2020616899

Дата поступления 07 июля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 20 июля 2020 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев