

На правах рукописи



Городович Андрей Викторович

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

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Томск – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Научный руководитель – **Кручинин Владимир Викторович**,  
докт. техн. наук, доцент

Официальные оппоненты: **Пимонов Александр Григорьевич**,  
докт. техн. наук, профессор, заведующий  
кафедрой прикладных информационных  
технологий Кузбасского государственного  
технического университета имени  
Т.Ф. Горбачева (г. Кемерово)

**Марухина Ольга Владимировна**,  
канд. техн. наук, доцент отделения  
информационных технологий Инженерной  
школы информационных технологий  
и робототехники Национального  
исследовательского Томского  
политехнического университета

Ведущая организация – Томский государственный педагогический  
университет

Защита состоится «29» сентября 2022 г. в 16:00 часов на заседании  
диссертационного совета Д 212.268.05 на базе Томского государственного  
университета систем управления и радиоэлектроники по адресу: 634050,  
г. Томск, пр. Ленина 40, ауд. 201.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТУСУРа по адресу:  
634045, г. Томск, ул. Красноармейская 146, а также на сайте ТУСУРа:  
<https://postgraduate.tusur.ru/urls/bxg6hxsf>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Костюченко Евгений Юрьевич

## Общая характеристика работы

**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. Оборновой, 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 вышесказанного, 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** 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-обоснованную 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 информационно-среды».

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

### **Соответствие результатов диссертационной работы и направлений исследований паспорту 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 5 международных научных и научно-методических конференциях.

### **Публикации**

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

### **Объем работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 108 наименований, одного приложения. Объем работы составляет 166 страниц машинописного текста.

**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.

### **Содержание работы**

**Во введении** приведена общая характеристика диссертационного исследования и его результатов, включая актуальность темы исследования, цели, задачи и методы исследования, научную новизну, практическую значимость работы, положения, выносимые на защиту, внедрение и апробацию результатов исследования.

**В первой главе** показано развитие электронного образования в РФ, описано пять основных этапов. Рассмотрены технологии электронного обучения в ТУСУРе. Сделан вывод о возрастающей роли программно-методического обеспечения в вузе. Приводятся основные термины и понятия системы электронного обучения: электронный учебный контент (ЭУК), электронный учебно-методический комплекс дисциплины. На примере статистики факультета дистанционного обучения ТУСУР показан ежегодный рост числа компонент электронного учебного контента.

Отмечено, 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 MOOK-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.

Решение задачи оценки качества электронного учебного контента позволит:

1. Получить оценку уровня развития ЭУМКД вуза в целом.
2. Определять направления совершенствования и модернизации ЭУМКД.
3. При формировании политики маркетинга образовательных услуг вуза учесть состояние электронного учебного контента.
4. Получить инструменты организации стимулирования к развитию методов и средств создания и модернизации учебного контента.
5. Дать возможности студентам планировать свое образование с учетом оценок качества ЭУМКД.

Проведен анализ методов оценки качества электронного учебного контента. Рассмотрены известные системы оценивания для оценки учебного контента. Обзор критериев оценивания учебного контента показал: для оценки его качества используется достаточно большое число критериев (показателей) – от нескольких десятков до сотен; многие критерии трудно формализуемые и для получения их значений требуется привлекать экспертов; во многих случаях системы критериев существенно отличаются друг от друга. Также рассмотрены критерии оценки качества относительно структурных элементов ЭУМКД: учебный текст; иллюстрация; аудиофайл; видеофайл; тестовые вопросы и задания; организация навигации, поиска и справочной информации.

Проведен обзор систем оценивания качества учебного контента и его модернизации.

**Во второй главе** записана постановка задачи оценивания качества и модернизации учебного контента. Предложено 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.

Построение системы оценивания качества является классической задачей в теории принятия решений. 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.

Представлены основные элементы онтологии оценивания электронного учебного контента, полученные с применением системы Protégé. Основными понятиями рассматриваемой онтологии являются: иерархия классов системы оценивания, иерархия классов базовых элементов оценивания (рис. 1), иерархия классов электронных учебно-методических комплексов дисциплин, иерархия классов, описывающая историю развития и использования классов системы оценивания.

Выявлено множество критериев оценивания качества электронного учебного контента. Все критерии качества разделены на автоматические, значения которых могут быть определены на основе алгоритма, и критерии, которые определяются на основе экспертного опроса. В основе выбора автоматических критериев лежат следующие требования:

1. Простота реализации алгоритма оценивания показателя.

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

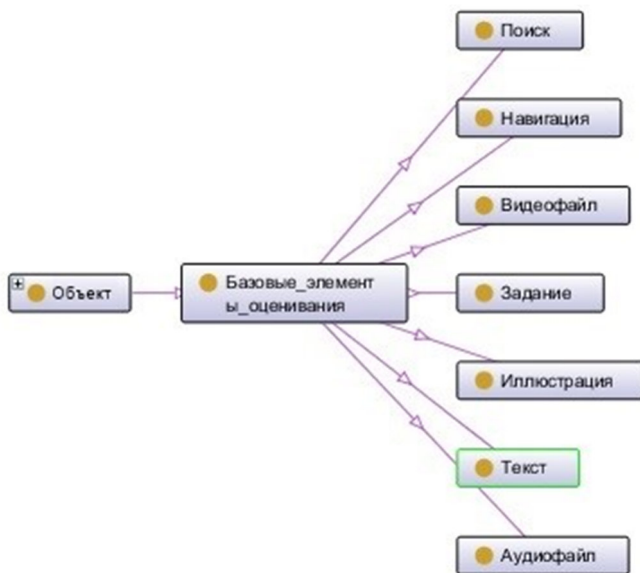


Рис. 1 – Иерархия классов базовых элементов ЭУМКД, подлежащих оцениванию

Были выявлены следующие показатели качества текста: информационная насыщенность; абстрактность; удобочитаемость; водность; плотность ключевых слов. Предложен новый критерий индекс креолизации. Креолизация текста используется для улучшения восприятия и понимания учебного текста, акцентирования внимания и улучшения навигации. Наличие креолизованного текста в учебном контенте электронной системы обучения является важным фактором улучшения его качества. Для оценки степени креолизации учебного текста выделены классы:

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).

Предложен метод нахождения индекса креолизации.

Также выявлены критерии оценки качества иллюстраций и организации справочной информации.

Для оценки учебного контента, основанной на экспертном опросе, предложено использовать анкеты, где каждый вопрос имеет свою шкалу оценивания и коэффициент важности. В базу знаний были внесены анкеты, представленные в Положении об электронном курсе в ТУСУРе (введено в действие приказом ректора от 14.05.2021 № 374 (с изм. от 16.05.2022, приказ ректора № 437)).

Предложена методика оценки качества учебного контента.

1. Выявление множества критериев оценивания качества ЭУМКД.
2. Формирование множества критериев в базе знаний.
3. Формирование процедур оценивания качества для полученной иерархии показателей качества (получение коэффициентов предпочтения, выбор метода нормализации, формирование обобщенных критериев и процедуры их оценивания).

Например, все локальные текстовые критерии объединяются в один обобщённый текстовый критерий.

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

где  $\alpha_j$  – коэффициент значимости для  $j$ -го критерия;  $Y_j$  – нормализованное значение критерия.

4. Выбор ЭУМКД, которые необходимо оценить.
5. Вычисление значений оценок показателей качества и запись их в таблицу.
6. Получение текущего рейтинга ЭУМКД.

Предложена математическая постановка задачи построения плана модернизации учебного контента.

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.

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  $C$ . Тогда задача определения плана модернизации учебного контента примет вид:

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

где  $R^*$  – текущий суммарный рейтинг учебного контента,  $C^*$  – текущий уровень затрат.

Разработан алгоритм построения плана модернизации учебного контента, основанный на генетическом подходе. Предложены 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.

Приведены статистические исследования сходимости предложенного генетического алгоритма в зависимости от числа итераций основного алгоритма, показывающие, что 150 итераций достаточно для сходимости алгоритма для заданного числа критериев, равного 9. При этом ошибка определения максимума колеблется в пределах 3%.

Представлено исследование вычислительных свойств предложенного генетического алгоритма в зависимости от числа итераций основного цикла и размерности особи. Полученные результаты свидетельствуют о линейном росте числа операций от основных параметров генетического алгоритма, что является сравнимым с алгоритмом решения рюкзачной задачи.

**В третьей главе** описана инструментальная система анализа и оценивания учебного контента. На основе стандарта SWEBOOK разработана система требований. Например, 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 обобщенных 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.
- Общая структура инструментальной системы представлена на рисунке 2.

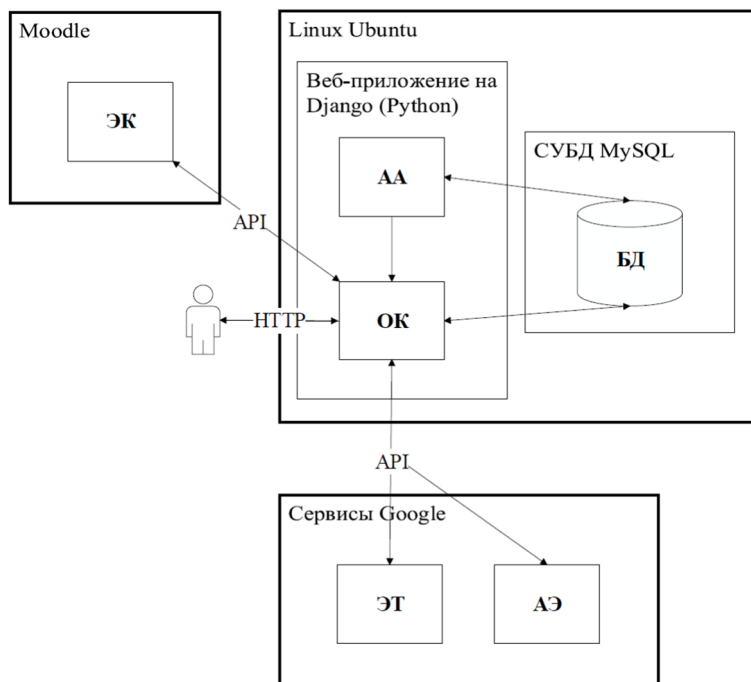


Рис. 2 – Общая структура инструментальной системы:

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

Рассмотрим общую структуру инструментальной системы 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 обработку (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.

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

**В четвертой главе** выполнен анализ учебного контента системы электронного обучения ФДО ТУСУР, построена и апробирована система оценивания качества учебного контента, построены функции затрат, получен план модернизации учебного контента.

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. В работе представлены распределения базы электронных курсов ФДО по перечисленным критериям.

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 позволил также выделить экспертные критерии для оценки и модернизации ЭУМКД. Например, тестовые задания (ТЗ) оцениваются по следующим критериям:

- 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.

Разработана система оценивания учебного контента на основе методики и инструментальной системы. Она включает автоматические критерии, перечисленные выше, и экспертные критерии, сформированные в виде анкет.

Сформированы процедуры оценивания качества ЭУМКД. Процедура оценивания может содержать другие процедуры оценивания (так называемые обобщенные критерии). Для оценки ЭУМКД ФДО создано пять обобщенных критериев: текст, иллюстрации, креолизация, справка и навигация, экспертная оценка.

Для каждого отдельного (выбранного из базы знаний) и обобщенного критериев устанавливаются коэффициенты важности. Для этого используется метод приписывая баллов. Затем определяются коэффициенты согласованности мнений экспертов на основе вычисления коэффициента конкордации. Далее производится выбор множества ЭУМКД, вычисляются значения показателей для автоматических критериев и производится экспертный опрос на основе анкет. Затем результаты вносятся в таблицу и производится их обработка. Таким образом формируется итоговый рейтинг ЭУМКД (табл. 1).

Анализ таблицы итого рейтинга показывает, что:

1) 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;

2) отсутствует группирование по типу ЭУМКД, что дает возможность сравнивать между собой гуманитарные, технические и физико-математические учебные материалы.

Таблица 1 – Итоговый рейтинг ЭУМКД

Код УМКД	$Kp_{\text{сум}}$	Категория ЭУМКД
153	0.52159	F
287	0.5067	G
95	0.50456	F
97	0.49921	F
...	...	...
34	0.33442	F
140	0.32449	G
40	0.32219	G
75	0.30439	G

Для решения задачи получения плана модернизации учебного контента необходимо записать функции затрат. Методика получения этих функций следующая:

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

Из анализа данных следует, что квадратичная и линейная регрессии имеют практически равные параметры и явно лучше, чем экспоненциальная, поэтому выбрана самая простая – линейная модель. Коэффициенты детерминации статистически значимы. Представленный набор функций затрат позволит решить задачу планирования мероприятий по модернизации учебного контента ФДО ТУСУР.

На основе функций затрат получена методика построения плана модернизации учебного контента, которая 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.

На третьем шаге производится определение уровня затрат на модернизацию. Для этого производится эксперимент по построению нескольких планов для данного множества ЭУМКД, варьируя значение трудоемкости. Визуальный анализ графика зависимости значения суммарного рейтинга, полученного алгоритмом планирования для 30 ЭУМКД, от суммарного значения функций затрат (рис. 3) показывает близкий к линейному характер зависимости суммарного рейтинга от значения суммарных затрат.

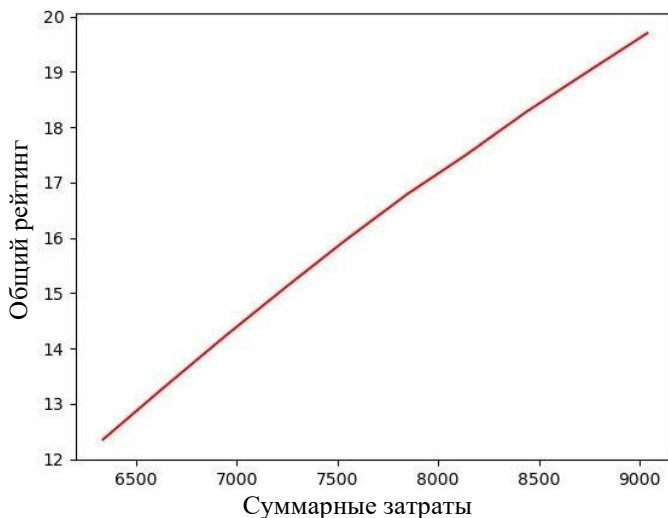


Рис. 3 – График зависимости общего рейтинга от заданных затрат (абсолютные значения)

Проведен сравнительный анализ инструментальных систем оценивания качества учебного контента и его модернизации, который показал, что:

1. В отличие от аналогов разработанная 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.

2. 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.

3. Одной из важных функций полученной системы является построение плана модернизации ЭУМКД на основе полученных оценок. Такая возможность в настоящий момент поддерживается только в ней.

Проведен анализ внедрений инструментальной системы оценки качества и построения плана модернизации учебного контента, который показал, что система:

- 1) получает план модернизации на основе использования генетического алгоритма с заданными параметрами;
- 2) обеспечивает определение объемов затрат на модернизацию;
- 3) строит план модернизации учебного контента в 50 раз быстрее, чем без ее использования;
- 4) исключает человеческий фактор (отсутствие ошибок при подсчете оценок и рейтинга ЭУМКД);
- 5) может применяться для оценки качества и модернизации сайтов и порталов организаций.

### **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 разработанной программной системой;

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

### **Публикации по теме диссертации**

#### ***Публикации в журналах из списка ВАК:***

1. 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.

2. Городович, А. В. Реализация адаптивного обучения: методы и технологии / И. А. Кречетов, В. В. Романенко, В. В. Кручинин, А. В. Городович // Открытое и дистанционное образование. – 2018. – № 3(71). – С. 33–40.

3. 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.

4. 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.

5. Городович, А. В. Система оценивания электронных учебно-методических комплексов дисциплин / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – Томск, 2021. – Т. 24, № 4. – С. 65–72. – DOI: 10.21293/1818-0442-2021-24-4-65-72.

#### ***Статьи, материалы и тезисы конференций:***

6. Городович, А. В. Онтологическая модель системы оценивания электронного учебного контента вуза / В. В. Кручинин, А. В. Городович, М. Ю. Перминова // Открытое и дистанционное образование. – 2019. – №3 (75). – С. 37–40.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Городович, А. В. Получение функций затрат на модернизацию учебного контента / А. В. Городович, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова // Современное образование: интеграция образования, науки, бизнеса и власти. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – Ч. 1. – С. 67–73.

12. 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) – С. 5–11.

### ***Свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ:***

13. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020618144. Система анализа и оценивания учебного контента / А. В. Городович, И. А. Кречетов, В. В. Кручинин, М. Ю. Перминова. – Заявка № 2020616899. Дата поступления 07 июля 2020 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 20 июля 2020 г.

14. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020612380. Система формирования плана мероприятий модернизации учебного контента / А. В. Городович. – Заявка № 2020611279. Дата

поступления 11 февраля 2020 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 20 февраля 2020 г.