

Ордена Трудового Красного Знамени
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский технический университет связи и
информатики» (МТУСИ)



На правах рукописи

Саратова Татьяна Евгеньевна

**МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
АДАПТИВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ЦИФРОВОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ И СЕМАНТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНТЕНТА**

2.3.8. - Информатика и информационные процессы

**Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук**

Научный консультант – доктор химических
наук, профессор Калач Андрей Владимирович

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ	15
1.1 Информационные процессы в образовательном пространстве	15
1.2 Информационные потоки в цифровой образовательной среде	24
1.2.1 Анализ компонентов цифровой образовательной среды	24
1.2.2 Информационные потоки и интеллектуальная обработка информации в цифровой образовательной среде	38
1.3 Методы и средства интеллектуальной обработки естественного языка в образовательной среде	47
1.4 Анализ информационных потоков в условиях цифровизации и многопоточности	61
1.5 Постановка задачи исследования	68
Выводы по главе 1	72
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ	73
2.1 Анализ компонентов онтологической модели информационных потоков в интересах принятия решений в цифровой образовательной среде	73
2.2 Онтограф информационных потоков в цифровой образовательной среде	86
2.3 Методология эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде	97
Выводы по главе 2	118
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ	119
3.1 Анализ элементов архитектуры цифровой образовательной среды	119
3.2 Компоненты модифицированной архитектуры цифровой образовательной среды	124
3.3 Рекомендации по внедрению модифицированной архитектуры цифровой образовательной среды	154

Выводы по главе 3	161
ГЛАВА 4. МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И АННОТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ АДАПТИВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ	163
4.1 Структура метода интеллектуального анализа информации в цифровой образовательной среде.....	163
4.2 Описание реализации адаптивной обратной связи	171
4.3 Реализация сценария адаптивной обратной связи.....	216
Выводы по главе 4	240
ГЛАВА 5. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ	242
5.1 Реализация модулей автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений	242
5.2 Структура проекта автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений	251
5.3 Описание этапов реализации информационной системы поддержки принятия решений	258
5.4 Апробация результатов применения автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в образовательной среде	268
Выводы по главе 5	279
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	281
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	284
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	285
<i>Приложение А</i>	323
<i>Приложение Б</i>	328
<i>Приложение В</i>	331
<i>Приложение Г</i>	333
<i>Приложение Д</i>	335

<i>Приложение Е</i>	337
<i>Приложение Ж</i>	343
<i>Приложение З</i>	346
<i>Приложение И</i>	348

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современное образовательное пространство переживает трансформацию, обусловленную глобальной цифровизацией, развитием информационных технологий и необходимостью повышения качества образования.

Информационный процесс в цифровой образовательной среде (ЦОС) целесообразно представлять как совокупность операций по сбору, преобразованию, интерпретации, хранению, передаче и использованию данных. Эти операции обеспечиваются функциональными компонентами информационной системы и определяют ее устойчивость, производительность и адаптивность. Реализация данных процессов формирует основу функционирования цифровой инфраструктуры, включая поддержку индивидуальных траекторий пользователей, обработку больших объемов данных, автоматизированный анализ и адаптивное взаимодействие.

Современная ЦОС представляет собой сложную информационно-коммуникационную экосистему, обеспечивающую условия для организации, управления и сопровождения образовательного процесса на основе цифровых технологий. Переход к цифровому формату обучения инициировал системные изменения в структуре, содержании и этапах реализации образовательных программ, акцентировав внимание на принципах взаимодействия субъектов и объектов обучения, интеграции цифровых сервисов, автоматизации оценки и адаптации образовательных траекторий.

Современные ЦОС отличает высокая мультимодальность данных в виде текстовой информации, логов активности, мультимедиа и результатов взаимодействия участников образовательной среды. Для интерпретации и систематизации разнородных данных с выявлением скрытых связей образовательных событий и качественной аналитики необходимо применение семантического моделирования контента.

ЦОС реализует непрерывную циркуляцию информации между субъектами и объектами обучения в форме управляемых информационных процессов: доставки контента, адаптивной обратной связи (АОС), порождения цифрового следа и аналитической обработки данных. Указанные процессы осуществляются в координации через платформенные решения и базы знаний, формируя основу для адаптивного, персонализированного взаимодействия субъектов ЦОС.

Функционирование ЦОС обеспечивается взаимодействием компонентов:

- 1) субъекты образовательного процесса (студенты, преподаватели, руководство);
- 2) образовательный контент и ресурсы (курсы, модули, задания, тесты), структурируются и размещаются в системах управления обучением;
- 3) цифровые инструменты и сервисы (LMS, средства коммуникации), обеспечивают хранение, доступ, обработку, визуализацию информации;
- 4) процессы мониторинга и оценки (автоматизированные системы контроля успеваемости, аналитики и активности). Используют цифровой след, лог-файлы, метрики вовлеченности;
- 5) индивидуальные образовательные траектории (поддерживаются ИИ-модулями и рекомендательными системами), адаптируются в процессе обучения на основе обратной связи;
- 6) цифровой след (совокупность данных о действиях субъектов в цифровой среде). Используются для аналитики, формирования образовательных рекомендаций, интегрируется в общую модель информационных процессов ЦОС.

Эффективность ЦОС во многом определяется качеством обратной связи между субъектами образовательного процесса. Ключевым фактором эффективности ЦОС является способность системы формировать и обрабатывать обратную связь как в формализованных, так и не структурированных форматах, обеспечивая своевременность реакции, достоверность и полноту данных, адаптивность инструментов обработки под контекст взаимодействия, замкнутый цикл передачи, анализа и использования

информации. На сегодняшний день в большинстве исследований и цифровых решений обратная связь носит фрагментарный характер без интеграции единого цикла поддержки принятия решений, учета семантического контекста, адаптивности к изменяющимся условиям, общей технологической концепции.

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью создания адаптивных экосистем с учетом мультимодальности данных путем интеграции различных источников данных и методов анализа в условиях динамичного развития цифрового образовательного пространства.

Степень разработанности темы. Вопросам моделирования цифровых образовательных платформ и анализа информационных потоков посвящены работы В.И. Меденникова, В.М. Кухаренко, В.В. Гриншкуна, А.А. Кузнецова, Е.В. Витомской. Архитектурами глубокого обучения занимались J. Devlin, Y. Bengio, Т.Г. Везирова, С.Л. Атанасяна. Анализ мультимодальных данных и разработка информационных управляющих систем отражены в работах Лернера И.М., Ничепорчука В.В., Михненко П.А., Масленникова В.В., Горохова М.М., Ляндау Ю.В.

Исследованиями информационных потоков и семантической обработки информации в цифровых средах занимались А.Л. Семенов, T.Anderson, У.С. Буралхиева, Я.Е. Львович, Н.В. Городнова, а также анализом взаимодействия участников образовательного процесса Носкова Т.Н., Трофимова Н.Н., Силакова Л.В.

Анализ и обобщение работ в исследуемой области показал, что существующие решения не формируют единой технологической и методологической концепции замкнутого цикла обратной связи с интеграцией информационных потоков, инструментов и механизмов принятия решений в архитектуре ЦОС. Таким образом, выявлено противоречие, заключающееся в несоответствии информационно-функциональных потребностей субъектов цифровой образовательной среды и информационно-функциональных возможностей обратной связи в интересах принятия решений.

Исследования соответствуют цели федерального проекта «Цифровая образовательная среда» в рамках нацпроекта «Образование», утвержденного приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 2 декабря 2019 г. № 649, в части реализации основной задачи создания и развития информационных систем и ресурсов платформы ЦОС.

Научная проблема исследования заключается в отсутствии эффективных методологических подходов к разработке интеллектуальных систем адаптивной обратной связи в цифровых образовательных средах, способных учитывать многообразие мультимодальных данных и осуществлять семантическое моделирование контента для повышения качества образовательного процесса.

Цель исследования - повышение эффективности функционирования цифровой образовательной среды за счет разработки методологии создания интеллектуальной системы адаптивной обратной связи на основе интеграции методов анализа мультимодальных данных и семантического моделирования контента.

Объект исследования: процесс организации и обеспечения адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде.

Предмет исследования: научно-методический, математический и программный комплекс для построения интеллектуальной системы адаптивной обратной связи на основе анализа мультимодальных данных и семантического моделирования образовательного контента.

Задачи исследования:

- 1) провести анализ процессов информационного взаимодействия субъектов в ЦОС в интересах принятия решений;
- 2) разработать онтологическую модель информационных потоков в интересах принятия решений в ЦОС;
- 3) разработать методологию организации эффективной обратной связи в ЦОС;
- 4) создать модифицированную архитектуру ЦОС;

- 5) разработать метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для поддержки принятия решений в ЦОС на основе анализа мультимодальных данных и семантического моделирования образовательного контента;
- 6) разработать автоматизированную информационную систему поддержки принятия решений в ЦОС.

Методы и методология исследования. В диссертации были использованы методы функционального анализа, интеллектуального анализа данных, онтологическое и математическое моделирование, теория вероятностей и математическая статистика, теория выбора решений. Методы количественной и качественной оценки с применением формальных моделей представления знаний и алгоритмов обработки информации. Общей методологической основой является системный подход.

Научная новизна:

1) онтологическая модель информационных потоков в образовательной среде, отличающаяся реализацией замкнутого цикла адаптивной обратной связи в условиях многопоточности и цифровизации, позволяющая повысить ресурсоэкономичность на 40% при реализации обратной связи за счет структурированных потоков, неразрывных и целостных связей экземпляров классов (2.3.8 п.1);

2) методология организации эффективной обратной связи с идентификацией отношений элементов дерева критериев с технологическими и интеллектуальными решениями поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде, способствующая повышению результативности принимаемых решений на 22% за счет соответствия информационно функциональных потребностей субъектов и информационно-функциональных возможностей обратной связи (2.3.8 п.6);

3) модифицированная архитектура цифровой образовательной среды в отличии от известных архитектур дополнена компонентами для адаптивного взаимодействия участников, позволяющая повысить оперативность

взаимодействия участников цифровой образовательной среды (2.3.8 п.9);

4) метод интеллектуального анализа и аннотирования информации адаптивной обратной связи отличается от известных методов применением стохастической и многокритериальной моделей с анализом мультимодальных данных и семантическим моделированием образовательного контента при генерации сценариев для поддержки принятия решений с комбинацией архитектур и технологий искусственного интеллекта, обеспечивает повышение интерпретируемости и точности принимаемых решений в адаптивной обратной связи по совокупности показателей от 70 до 86% за счет применения в методе алгоритмов классификации и генерации сценариев с гибридной архитектурой технологий искусственного интеллекта (2.3.8 п.7);

5) в отличии от существующих систем в автоматизированной информационной системе поддержки принятия решений реализована модульная структура с аналитическим модулем и модулем адаптивных сценариев в условиях динамически принимаемых решений при АОС с реализацией гибридной архитектуры, что позволяет повысить согласованность по совокупности показателей рост составил от 12 до 25 % и ресурсоэкономичность при принятии решений в замкнутом цикле при адаптивной обратной связи в условиях многопоточности и цифровизации за счет гибридной архитектуры нейронных сетей и аналитического модуля для реализации сценариев взаимодействия субъектов ЦОС (2.3.8 п.16).

Теоретическая и практическая значимость работы:

обоснована реализация замкнутого цикла с систематизацией сценариев взаимодействия субъектов цифровой образовательной среды;

установлена связь технологических и интеллектуальных решений с адаптивной обратной связью. Установлена зависимость между показателями качества принимаемых решений и эффективности адаптивной обратной связи;

введено новое представление об архитектуре ЦОС как замкнутой системы информационного обмена с обоснованием структурно-функциональной модели модифицированной архитектуры, включающей введенные компоненты для

адаптивной обратной связи;

доказана концептуальная возможность интеграции аннотирования в сценариях адаптивной обратной связи с анализом мультимодальных данных и семантическим моделированием образовательного контента, с использованием гибридной архитектуры нейронных сетей в замкнутом цикле взаимодействия субъектов;

получена оценка результатов применения АИС ППР, включающей метод интеллектуального анализа и аннотирования информации на базе онтологической модели информационных потоков и модифицированной архитектуры, позволяющая повысить качество и эффективность принятия решений в образовательной среде.

Результаты диссертационного исследования могут применяться в отраслях, связанных с проектированием ЦОС, систем поддержки принятия решений, интеллектуальных обучающих систем, а также в смежных областях – государственное управление и бизнес-аналитика для мониторинга и обратной связи при взаимодействии с гражданами (клиентами).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Содержание диссертации соответствует п.1. разработка компьютерных методов и моделей описания, оценки и оптимизации информационных процессов и ресурсов, а также средств анализа и выявления закономерностей на основе обмена информацией пользователями и возможностей используемого программно-аппаратного обеспечения; п.6. обеспечение информационных систем и процессов, применения информационных технологий и систем в принятии решений на различных уровнях управления. Общие принципы и основы организации информационных служб и электронных библиотек; п.9. разработка архитектур программно-аппаратных комплексов поддержки цифровых технологий сбора, хранения и передачи информации в инфокоммуникационных системах, в том числе, с использованием «облачных» интернет-технологий и оценка их эффективности; п.7. разработка методов обработки, группировки и аннотирования информации, в том числе, извлеченной

из сети интернет, для систем поддержки принятия решений, интеллектуального поиска, анализа; п.16 автоматизированные информационные системы, ресурсы и технологии по областям применения (научные, технические, экономические, образовательные, гуманитарные сферы деятельности), форматам обрабатываемой, хранимой информации. Системы принятия групповых решений, системы проектирования объектов и процессов, экспертные системы и др.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 54 научные работы (33 статьи [217-231, 235-238, 240, 242, 244-246, 248, 251-256, 258-259], 15 материалов научных конференций [232-234, 239, 241, 243, 247, 249, 250, 257, 260, 323-325, 328], 1 монография [261], 5 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ [206-210] в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, в том числе 19 работ опубликовано без соавторов.

Работы [217-219, 221-231, 235-238, 240, 245, 248, 253] опубликованы в научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; работы [323-325, 328] – в изданиях, включенных в международную научометрическую базу Web of Science и Scopus.

Положения, выносимые на защиту

1) онтологическая модель информационных потоков в интересах принятия решений в цифровой образовательной среде, обеспечивающая реализацию замкнутого цикла адаптивной обратной связи в условиях многопоточности и цифровизации;

2) методология организации эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде с технологическими и интеллектуальными решениями реализации эффективной адаптивной обратной связи для поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде;

3) модифицированная архитектура цифровой образовательной среды, обеспечивающая согласованность и оперативность взаимодействия участников цифровой образовательной среды;

4) метод интеллектуального анализа и аннотирования информации адаптивной обратной связи, позволяющий реализовать анализ мультимодальных данных и семантическое моделирование образовательного контента при генерации сценариев для поддержки принятия решений с комбинацией архитектур и технологий искусственного интеллекта;

5) автоматизированная информационная система поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде с реализацией гибридной архитектуры и модульной структуры, обеспечивает повышение согласованности при принятии решений в замкнутом цикле адаптивной обратной связи.

Степень достоверности основных полученных результатов обеспечивается надежными исходными данными, адекватностью выбранного математического аппарата и корректностью применения указанных методов исследования. Достоверность подтверждается апробацией и внедрением полученных результатов в практику работы образовательных организаций высшего образования России.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на: всероссийской научно-практической конференции «Математические методы и информационно – технические средства» (Краснодар, 2011), международного симпозиума «Надежность и качество» (Пенза, 2011), «Проблемы непрерывного образования: проектирование, управление, функционирование» (Липецк, 2012), (Липецк, 2013), Всероссийской научно-практической конференции «Математические методы и информационно-технические средства» (Краснодар, 2015), Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (Воронеж, 2018), X международном семинаре «Компьютерное моделирование, информационные и вычислительные технологии» (Красноярск, 2021), международных научно-практических конференциях «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» (Воронеж, 2023), (Воронеж, 2024), «4th International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education» (Липецк, 2024), «Цифровая

экономика и общество» Всероссийской научно-практической конференции» (Тверь, 2024).

Внедрение результатов исследования.

Основные положения диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность ООО «Центр интеграции приложений», в образовательный процесс учебно-научного структурного подразделения институт информационных технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА-Российский технологический университет», ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России.

Личный вклад автора. В совместных публикациях основные научные результаты исследования получены автором лично. Автором предложены онтологическая модель информационных потоков, методология организации эффективной обратной связи, модифицированная архитектура ЦОС, метод интеллектуального анализа и аннотирования информации адаптивной обратной связи, автоматизированная информационная система поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и 9 приложений. Диссертация изложена на 356 страницах машинописного текста, включает 47 таблиц и 111 рисунков. Список использованных источников составляет 328 наименований.

ГЛАВА 1. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

1.1 Информационные процессы в образовательном пространстве

Современное образовательное пространство переживает трансформацию, обусловленную глобальной цифровизацией, развитием информационных технологий и необходимостью повышения качества образования.

Информационный процесс рассматриваем в виде совокупности действий, направленных на получение, преобразование, интерпретацию, хранение, передачу и использование информации участниками образовательного процесса. Указанные процессы обеспечивают функционирование как традиционного, так и цифрового образовательного пространства, создавая условия для реализации индивидуальных образовательных траекторий, адаптивного и компетентностного подходов.

Под адаптивным подходом в исследовании понимается совокупность методов динамического (своевременного) изменения (актуализации) образовательных воздействий на основе персональных характеристик участников ЦОС.

Центральным элементом подходов и траекторий являются информационные процессы, выступающие как средства, механизмы и формы организации, передачи, хранения, обработки и применения знаний в образовательной среде.

В образовательной деятельности можно выделить следующие ключевые виды информационных процессов:

1. Получение и интерпретация информации.
2. Передача и распространение информации.
3. Организация хранения информации.
4. Управление информацией.

Термин «образовательное пространство» впервые обозначен в 1991 г., когда при создании СНГ было подписано соглашение о едином образовательном пространстве [2,9,13,22, 51-53, 281].

На современном этапе сформировалось несколько интерпретаций рассматриваемого термина, но можно выделить основные:

- система организации обучения и воспитания, включающая в себя совокупность образовательных программ, применяемых технологий, внеучебную и досуговую деятельность, управление учебно-воспитательным процессом и взаимодействие с внешними образовательными и социальными институтами;
- единый организм при наличии в каждой образовательной системе глобальных тенденций и сохранении разнообразия, которые поддерживаются, в том числе и программами академической мобильности [85-87,140,192];
- естественное или искусственно создаваемое социокультурное окружение ученика (студента), включающее различные виды средств и содержания образования, способные обеспечивать продуктивную деятельность ученика.

В исследовании термин «образовательное пространство» рассматривается как система, обеспечивающая взаимодействие учреждений, ресурсов, технологий и субъектов образования, включающая единые подходы к содержанию образования, методам обучения, научным знаниям, а также координация между различными уровнями [2,11,44,50,291].

При этом к компонентам образовательного пространства можно отнести: физический, цифровой, социальный [1,5-8,99,107,128-130].

1. Физическое пространство — это архитектурная и инфраструктурная среда: учебные классы, лаборатории, зоны отдыха и пространства для творчества.
2. Цифровое пространство — включает платформы дистанционного обучения, виртуальные классы, цифровые библиотеки и иные технологии [4, 55, 57, 274].

3. Социальное пространство — система взаимодействий между участниками образовательного процесса: педагогами, обучающимися, руководством, родителями и сообществами.

Создание и функционирование образовательных пространств базируется на следующих методологических принципах:

1. Принцип гуманизации. Образовательное пространство должно быть ориентировано на личность обучающегося, учитывая его индивидуальные особенности, интересы и потребности.

2. Принцип системности. Пространство рассматривается как комплекс взаимосвязанных элементов, включающих инфраструктуру, технологии и взаимодействие субъектов образовательного процесса.

3. Принцип доступности. Важным условием является обеспечение равного доступа к образовательным ресурсам, независимо от социального статуса, географического положения или физических возможностей.

4. Принцип цифровизации. Использование современных информационных технологий и цифровых инструментов способствует созданию инновационных образовательных пространств.

5. Принцип адаптивности. Пространство должно быть гибким и адаптируемым к изменяющимся потребностям образования и общества [30,31,79,91-94].

Обобщенную схему инфраструктуры образовательного пространства можно представить следующим образом (рисунок 1.1):

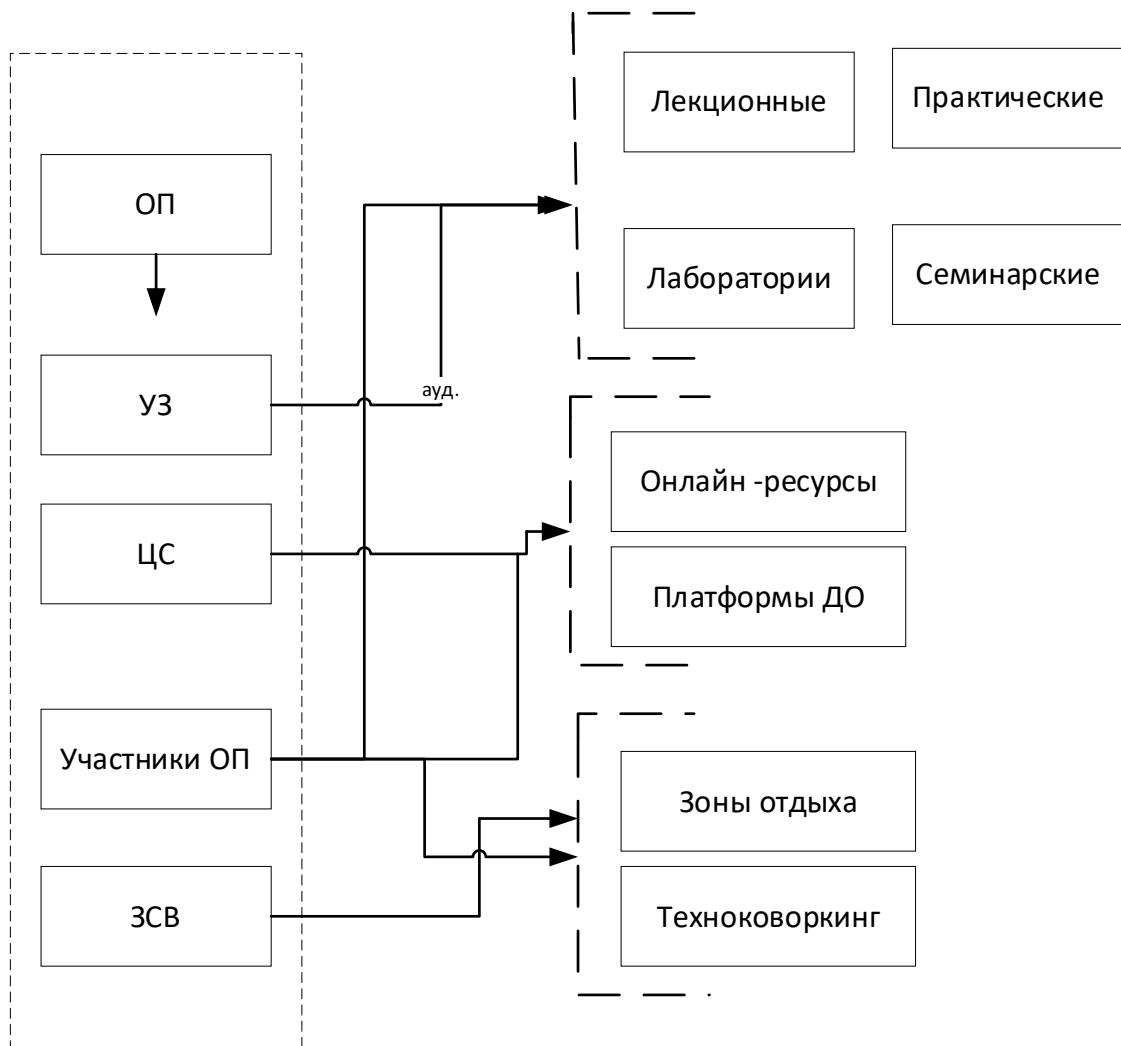


Рисунок 1.1 – Схема инфраструктуры образовательного пространства

В инфраструктурную схему входят:

УЗ – учебные зоны (аудитории по видам занятий);

ЦС – цифровая среда (платформы дистанционного обучения, технологии, поддерживающие образовательный процесс);

ЗСВ – зоны специального взаимодействия (зоны отдыха, центры научно-технического творчества студентов, оснащённые современным оборудованием).

Образовательное пространство является средой, включающей как инструментарий, так и материальную базу для обеспечения реализации учебного процесса для сохранения и укрепления образовательного суверенитета страны [10,40,265,266,271]. Образовательное пространство включает не только инфраструктуру, но и участников, информационно-образовательные ресурсы и

организацию процесса взаимодействия.

Цифровая образовательная среда (ЦОС) — это образовательная система, основанная на использовании цифровых технологий, обеспечивающая условия достижения образовательных целей и развития личности обучающегося. [14,67,106,156,296]. Основой для ЦОС является система управления обучением. Элементы технологической инфраструктуры ЦОС представлены на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Элементы технологической инфраструктуры ЦОС

В исследовании ЦОС рассматриваются основные виды деятельности учебная и контрольно-измерительная, поскольку именно они образуют исходные данные, являясь первичным источником информации, определяющим последующие управленческие решения во всех остальных компонентах образовательной деятельности.

Учебная деятельность определяет ключевые цифровые следы: динамику освоения учебных материалов, траектории действий участников образовательного процесса. На их основе формируются:

- внеучебные решения – сопровождение участников образовательного процесса, организация руководством дополнительных мероприятий, актуализация видов деятельности;
- научно-методические решения – актуализация содержания дисциплин, учебных планов, корректировка методик, организация новых видов деятельности;
- организационно-управленческие решения – распределение нагрузки,

планирование учебного процесса, мониторинг эффективности структурных подразделений и программ организаций.

Таким образом, учебная и контрольно-измерительная деятельность выступают базой (основой) для генерации данных, оказывающих прямое воздействие (влияние) на все виды образовательной деятельности.

Образовательное пространство рассматривается как специально организованная среда при реализации учебного процесса и корректно организованное пространство со всеми необходимыми компонентами, рассмотренными выше, безусловно оказывает положительное влияние при управлении качеством образования и повышении эффективности образовательного процесса. Таким образом, акцент на учебном процессе является необходимым и методологически оправданным, поскольку он обеспечивает достоверную и надежную основу для анализа, моделирования и проектирования АОС и интеллектуального сопровождения участников образовательного процесса по всем видам образовательной деятельности.

Проблематика объединения разрозненных средств информатизации образовательных организаций в единую информационную образовательную среду рассматривалась в исследованиях С.Л. Атанасяна. В исследовании С.Л. Атанасян описывает структуру многокомпонентной модели информационной образовательной среды со средствами информатизации внеучебного компонента как со стороны студентов, так и преподавателей, а также информатизации управления внеучебной деятельностью. Анализ указанных исследований являлся основой в текущем исследовании при проектировании модифицированной архитектуры ЦОС с предложенными компонентами реализации АОС и интеллектуального сопровождения субъектов ЦОС для поддержки принятия решений (ППР) [14,15].

В исследовании термин «образование» рассматривается в более узком контексте и соответствует процессу обучения, в связи с тем, что обучение является ключевым объектом анализа при интеллектуальном сопровождении и оценивании учебной деятельности. Вопросы воспитания и личностного развития

студентов входят в более широкое определение образования и выходят за рамки текущего исследования. Влияние интеллектуального сопровождения учебного процесса на указанные дополняющие широкий смысл термина образования вопросы, можно проанализировать на основе полученных по результатам исследования данных.

Необходимо отметить, что акцент на обучении обусловлен тем, что именно процесс усвоения знаний и компетенций требует системного интеллектуального сопровождения основной категориальной пары субъектов ЦОС «преподаватель – студент».

Ключевые особенности информационных процессов в ЦОС можно систематизировать в табличном виде (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Описание информационных процессов

Характеристика	Описание
Высокая скорость передачи и обработки информации	Владение навыками цифровой грамотности участников образовательного процесса
Наличие больших объемов данных (Big Data)	Накопление массивов данных осуществляется с учетом потоковых условий учебного процесса, что создает предпосылки применения методов интеллектуального анализа данных
Адаптивность информационных потоков	Обеспечивается за счет персонализации обучения
Интерактивность и мультимодальность представления информации	Повышает вовлеченность и качество восприятия знаний
Высокие требования к информационной безопасности	Зашита персональных данных и соблюдение этических норм

В адаптивности информационных потоков под персонализацией понимается организация образовательного процесса, при которой содержание, формы, темп представления материалов и взаимодействия целенаправленно адаптируются под индивидуальные потребности и возможности участников ЦОС.

К базовым элементам информационного процесса можно отнести:

- информационные потоки (направленные последовательности передачи данных между компонентами (узлами) образовательной системы);
- механизмы трансформации информации (функции преобразования форматов, структур, уровней абстракции: текст – метаданные – семантические графы);
- хранилища информации (базы данных (SQL/NoSQL, распределенные файловые системы, облачные хранилища);
- каналы связи (сетевые протоколы и архитектуры HTTP, REST API и т.д., обеспечивающие взаимодействие между пользователями и цифровой средой).

К этапам организации информационных процессов в образовательных информационных системах относятся:

1. Сбор и генерация учебной информации.

Потоки от участников образовательного процесса: ввод через GUI, сенсорные устройства, действия в LMS.

Автоматическая генерация данных: логирование активности, сбор цифрового следа.

Интеграционные потоки: сбор данных из внешних систем, парсеры и ETL – механизмы.

2. Обработка и интерпретация данных.

Алгоритмы предобработки данных: очистка, нормализация, токенизация текста.

Инструменты аналитики: системы визуализации, библиотеки анализа (Pandas, NumPy и т. д.), фреймворки Big Data (Apache Spark, Hadoop).

Искусственный интеллект (ИИ): рекомендательные системы, адаптивные системы тестирования, NLP – модули для анализа фидбека [33,35,75,118,215].

3. Хранение и репликация.

Типы баз данных (реляционные, документоориентированные, графовые).

Хранилища данных: репозитории метаданных.

Контроль версий: системы контроля изменений образовательного

контента.

4. Передача и трансляция.

Архитектуры взаимодействия: клиент-сервер, микросервисная, событийно-ориентированная.

Сетевые технологии для доставки видеоуроков.

Безопасность канала для аутентификации в LMS приложениях.

5. Применение и визуализация результатов.

Пользовательские интерфейсы: мобильные приложения, адаптивные веб-интерфейсы, голосовые и AR/VR – интерфейсы.

Рендеринг информации (динамические дашборды, когнитивные карты).

Модели взаимодействия (тестирование для оптимизации подачи учебного материала).

К основным критериям эффективности информационных процессов можно отнести:

1. Пропускная способность (объем информации, обрабатываемый в единицу времени).

2. Задержка (время реакции системы на действия пользователей).

3. Надежность (устойчивость к сбоям, полнота восстановления данных после ошибок).

4. Интерактивность (способность системы адаптироваться под действия участников).

5. Безопасность (устойчивость к утечке данных).

6. Масштабируемость. Способность системы обрабатывать возрастающие объемы данных с реализацией подключения новых источников исключая снижения производительности [36,147,148-150].

К актуальным технологическим возможностям реализации информационных процессов можно отнести: scalable storage systems (масштабируемость систем), облачные вычисления (хранение и обработка больших данных), ИИ (персонализация учебного процесса с реализацией индивидуального подхода), интернет вещей (IoT) (реализация физически

распределенных образовательных систем).

Информационные процессы в ЦОС определяют структуру и последовательность обработки данных, а результатом их реализации выступают информационные потоки. Многоуровневость информационных потоков определяется циркуляцией данных на разных уровнях как по субъектам, так и уровням системы (LMS, аналитический модуль), уровень управлеченческих решений (субъекты: руководство – ППС – студент). Многоканальность связана с тем, что потоки проходят через разные каналы и сервисы. Вариация скорости поступления информации и разным количеством данных определяет тип информационных потоков как динамический.

Таким образом, организация и сопровождение информационных потоков, являющихся многоуровневыми, многоканальными и динамическими, не только оказывают влияние на формирование инфраструктуры современной образовательной среды, но и трансформируют практику преобразования данных между субъектами и системами.

1.2 Информационные потоки в цифровой образовательной среде

1.2.1 Анализ компонентов цифровой образовательной среды

Современная ЦОС представляет собой сложную информационно-коммуникационную экосистему, обеспечивающую условия для организации, управления и сопровождения образовательного процесса на основе цифровых технологий. Переход к цифровому формату обучения инициировал системные изменения в структуре, содержании и этапах реализации образовательных программ, акцентировав внимание на принципах взаимодействия субъектов и объектов обучения, интеграции цифровых сервисов, автоматизации оценки и адаптации образовательных траекторий.

В ЦОС образовательный процесс трансформируется из линейной структуры в сетевую, динамически настраиваемую модель с высокой степенью

адаптивности. К ключевым отличительным моментам, характеризующим ЦОС по сравнению с традиционной средой можно отнести [49,59,143,151]:

1. Асинхронность взаимодействия. Обучение реализуется вне зависимости от физического местоположения и времени.

2. Автоматизация оценивания и сопровождения. Применение инструментов тестирования в контексте не только унифицированных и стандартизованных инструментов, но с дополнением функциональных возможностей и вариативностью форм заданий.

3. Технологическая свобода выбора инструментария. Учебная коммуникация и доступ к ресурсам осуществляется через цифровые каналы.

4. Гибкость образовательной траектории. Студенты, являющиеся участниками образовательного процесса, могут выбирать индивидуальные маршруты обучения с учетом текущих достижений и предпочтений.

ЦОС реализует непрерывную циркуляцию информации между субъектами и объектами обучения в форме управляемых информационных процессов: доставки контента, адаптивной обратной связи (АОС), порождения цифрового следа и аналитической обработки данных. Указанные процессы осуществляются в координации через платформенные решения и базы знаний, формируя основу для адаптивного, персонализированного образования.

Функционирование ЦОС обеспечивается взаимодействием ряда компонентов [98,173,211-213]:

1. Субъекты образовательного процесса (студенты, преподаватели, руководство).

2. Образовательный контент и ресурсы (курсы, модули, задания, тесты), структурируются и размещаются в системах управления обучением.

3. Цифровые инструменты и сервисы (LMS, средства коммуникации), обеспечивают хранение, доступ, обработку, визуализацию информации.

4. Процессы мониторинга и оценки (автоматизированные системы контроля успеваемости, аналитики и активности). Используют цифровой след, лог-файлы, метрики вовлеченности.

5. Индивидуальные образовательные траектории (поддерживаются ИИ-модулями и рекомендательными системами), адаптируются в процессе обучения на основе обратной связи.

6. Цифровой след обучающихся (совокупность данных о действиях обучающихся в цифровой среде), используются для аналитики, формирования образовательных рекомендаций, интегрируется в общую модель информационных процессов ЦОС.

ЦОС представляет собой семантически насыщенную, технологически интегрированную и адаптивную экосистему, в которой информационные процессы реализуются через скоординированную работу компонентов и систем. Анализ их взаимосвязей позволит выстраивать эффективные архитектуры сопровождения образования и сформировать основу построения интеллектуальных систем мониторинга и адаптации обучения.

ЦОС представляет собой не только технические модули, но также включает структурно-функциональные единицы образовательной организации, в которые входят учебно-научные структурные подразделения (УНСП).

В цифровом контексте кафедра выполняет следующие функции:

- управление учебными планами;
- контроль качества контента и обратной связи;
- организация взаимодействия участников образовательного процесса;
- координация научной и проектной деятельности;
- интеграция вспомогательных служб.

Таким образом, кафедра является цифровым узлом между организационным и техническим компонентами образовательного процесса.

Рассмотрим основные и вспомогательные функции структурного подразделения. На рисунке 1.3 представлена структурная схема взаимосвязи задач, сотрудников и программного обеспечения на примере структурного подразделения образовательного учреждения.

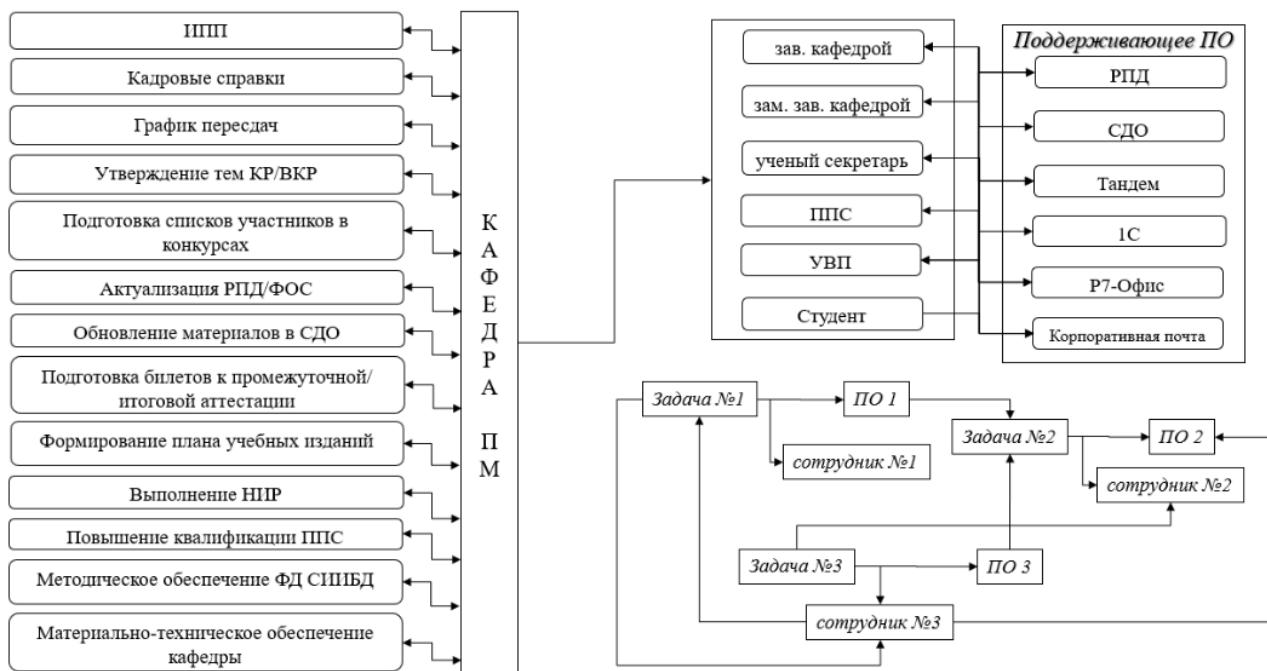


Рисунок 1.3 – Структурная схема взаимосвязи задач, сотрудников и ПО на примере УНСП

Схема отражает характер связей, поступающих ежедневно на кафедру задач, сотрудников, непосредственно задействованных в данном процессе, и поддерживающее программное обеспечение (ПО).

Необходимо обратить внимание на связь многие ко многим в контексте элементов «задача – исполнитель – ПО». Связано это с потоком задач, свободного в определенный момент времени сотрудника и ПО, для решения локальных задач. В таблице 1.2 описаны задачи в срезе одной недели. [15-17,34,47].

Таблица 1.2 – Задачи УНСП за указанный период

Задача	Объемы задачи	Описание
Актуализировать РПД	700 РПД 4200 файлов с ФОС	Проверить и сформировать замечания по наличию: разделения тестовых заданий на: ЗУВ (10/20/20) и промежуточный/текущий контроль, открытый и

		закрытый типы, критерии оценивания, время выполнения каждого задания, литературные источники, ПО.
Заполнить темы ВКР	3 профиля 155 выпускников 20 руководителей ВКР	Сформировать темы в соответствии с профилем, проверить организации прохождения студентами всех видов практик, являются ли «целевиками».
Сформировать план учебных изданий на 2025 г.	44 ППС 35 дисциплин кафедры	Проверить, все ли дисциплины обеспечены УМП, согласовать коллектив авторов, вид издания: учебное пособие, практикум, методические указания, рабочая тетрадь.
Подготовить и внести в программу РПД ФОСы для фундаментальной дисциплины (ФД) «СИИБД»	11 ППС 23 группы осеннего семестра	Подготовить на каждую группу материалы к итоговой и промежуточной аттестации, наполнить рабочую область дисциплины в системе дистанционного обучения (СДО).
Проверить заполнение рабочих областей дисциплин в СДО	315 файлов 35 дисциплин кафедры	Проверить наполнение по файлам и их содержание в каждой рабочей области по дисциплинам в СДО: лекции, практики, задания для самостоятельной работы, текущий, промежуточный контроль, источники, итоговый тест, критерии активности, вопросы к итоговой аттестации.

Продолжение таблицы 1.2

Заполнить график пересдач дисциплин кафедры	>2000 студентов с «долгами» по дисциплинам кафедры 35 дисциплин 247 групп	Согласовать: с ППС расписание пересдач, с УМУ свободные аудитории. Организовать прием пересдач по потоковой дисциплине «Большие данные», охватывающей весь университет.
Заполнить отчеты НИР	44 ППС 14 аспирантов 580 студентов кафедры	Заполнить отчетные формы по публикациям ППС. Собрать со студентов данные по публикациям за отчетный период. Проверить готовность отчетов аспирантов.
Проанализировать результаты промежуточной аттестации	20 дисциплин осеннего семестра 44 ППС	Проанализировать результаты оценивания знаний по дисциплинам кафедры, подготовить ППС план мероприятий по изменению промежуточных результатов
Передать в УМУ информацию по потоковым дисциплинам текущей экзаменационной сессии	420 учебных групп 24 ППС	Согласовать расписание ППС, проверить наличие аудиторного фонда.

Целесообразно отметить, что разделение задач по принципу формализации, например «актуализация РПД», «наполнение ФОСами РПД ФД» относятся к сильноформализуемым и реализована автоматизация решения данных задач в качестве вспомогательных модулей в автоматизированной системе диссертационного исследования, с целью снижения временных затрат,

которые ранее выполнялись вручную ППС [3,12,81,82,269]. В случае же с промежуточной аттестацией, которая реализуется в учебном процессе и является основной, а не вспомогательной функцией, то прямая автоматизация невозможна в связи с тем, что данная задача относится к слабоформализуемым.

Анализ реализуемых задач на примере УНСП показал имеющиеся противоречия в организации процесса их выполнения (на текущий момент и ожидаемые результаты), а именно [19-21,101,108,180-182]:

1. На текущий момент: отсутствуют концептуальные предложения в слабоформализуемых процессах.

Ожидаемые результаты: возможность применения технологий искусственного интеллекта (ТИИ), элементов ЦОС в слабоформализуемых процессах.

2. На текущий момент: взаимодействие субъектов образовательной среды в виде прямой связи с фрагментарной обратной связью.

Ожидаемые результаты: АОС субъектов с учетом принимаемых решений и изменением сценариев взаимодействия.

3. На текущий момент: присутствует фрагментарная автоматизация единичных задач.

Ожидаемые результаты: выполнение задач в целеориентированной среде.

Таким образом, проблема заключается в отсутствии возможности эффективного и качественного выполнения задач в установленные сроки. Решением сформулированной проблемы является:

1. Формирование концептуальных предложений по реализации слабоформализуемых процессов (синергия от применения ТИИ в образовательной среде).

2. Реализация двусторонней связи субъектов через АОС в ЦОС.

3. Автоматизация решения задач за счет формирования целеориентированной среды.

Далее в исследовании рассматривается задача формирования концептуальных предложений по реализации описанных слабоформализуемых

процессов (синергия применения ТИИ в образовательной среде).

Анализ образовательного процесса в ЦОС и задач УНСП показывает, что управление качеством образования является приоритетной задачей в условиях цифровизации. В свою очередь к задачам структурных подразделений относятся реализация учебного процесса, разработка современных подходов и методик оценки знаний студентов, применение инновационных технологий и инструментов в образовательном процессе.

Рассмотренный пример задач структурного подразделения с представленными примерами дисциплин, читаемых в потоках, показывает ряд вопросов подлежащих рассмотрению и решению, а именно:

- оптимизация по времени, затрачиваемого на подготовку и организацию учебного процесса ППС в дисциплинах, читаемых группам студентов в потоках;
- повышение уровня усвоения учебного материала за счет проведения диагностических мероприятий и своевременной реализации обратной связи;
- выявление пробелов в процессе обучения и обеспечение объективности и персонализации мониторинга учебных результатов;
- системный мониторинг и адаптивное сопровождение, и взаимодействие субъектов образовательного процесса.

Для обеспечения рассмотрения обозначенных вопросов и направлений, требующих дополнительной проработки необходимо сформировать единый подход к терминам в рассматриваемом объекте исследования.

Для структурирования компонентов и процессов в ЦОС в исследовании предлагается иерархическая классификация функций по степени влияния на образовательный процесс (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Описание процессов в ЦОС

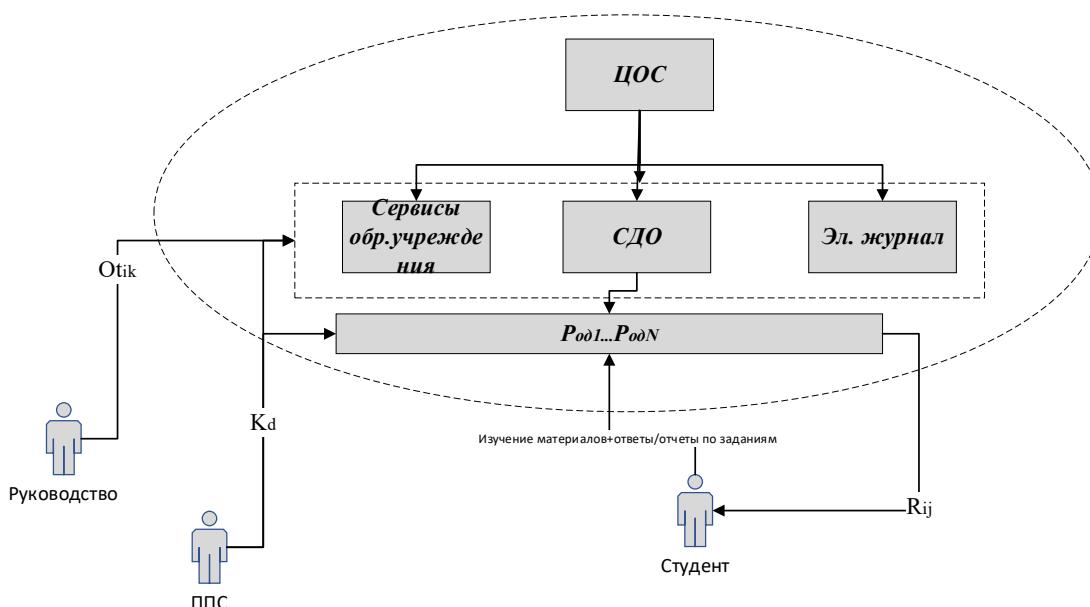
Уровень значимости	Функция	Элементы	Тип процесса
Концептуальный	Образовательная деятельность	LMS, контент	Основной

Продолжение таблицы 1.3

Тактический	Поддержка основных процессов	Аналитика, УНСП, основные службы образовательных организаций	Поддерживающий
Оперативный	Административные процессы	Компоненты ЦОС	Вспомогательный
Технический	Поддержка доступа, надежность, независимость	API, сервера	Технологический

Представленная структура позволяет моделировать информационные и управленические маршруты, оптимизируя ЦОС не только как технологическую платформу, но и как систему взаимодействующих субъектов, ролей и сценариев.

Структурно схему информационных потоков в компонентах ЦОС и субъектов на примере учебного процесса в контексте изучения дисциплин, можно обобщить следующим образом (рисунок 1.4).



Род1...РодN – рабочие области дисциплин (N);
Otk – К отчетов по i -ой дисциплине;
Rij – результаты i -го элемента j -ой дисциплины;
Kd – комментарии преподавателя по элементам дисциплины.

Рисунок 1.4 – Структурная схема информационных потоков в ЦОС

Взаимосвязь компонентов ЦОС должна рассматриваться не только в контексте совместимости технологий, но как систематизация архитектурной, семантической и организационной интеграции. Поддержка служб и подразделений в цифровом пространстве является ключевым условием устойчивости и масштабируемости ЦОС. Только при такой форме организации возможно построение адаптивного и эффективного образовательного пространства. Движение информационных потоков в режиме прямой и обратной связи (П/О) между субъектами можно представить в табличном виде (таблица 1.4). Необходимо отметить, что связь и содержание определяют качество принимаемых решений.

Таблица 1.4 – Информационные потоки между субъектами

Кто инициирует	П/О	Электронно-цифровой тип связи (время / содержание /автоматизация)	Принимаемые решения	Инструмент связи	Инструмент ПР
ППС → Студент	п	синхронный информационный комбинированный	ПР о дальнейших действиях: выбор цифровых учебных материалов и формата их представления, необходимости в консультации	LMS (СДО)	Рабочая область дисциплины в СДО
Студент → ППС	о	асинхронный контрольно-вопросный комбинированный	ПР о корректности и полноте ответа, о выставлении оценки по результатам проверки	LMS (СДО)	Рабочая область дисциплины в СДО
Руководство → ППС	п	синхронный управляющий автоматизированный	Подготовка (выгрузка) отчетов, документации по запросу	Прикладное ПО, e-mail, 1C	Модуль документо- оборота
ППС→ Руководство	о	асинхронный информационный ручной	ПР о коррекции и актуализации организации учебного процесса, ПР на основании полученных ответов на запрос	e-mail, прикладное ПО, аналоговый (бумажный) носитель	ТАНДЕМ.Универ ситет

Продолжение таблицы 1.4

Руководство → Студент	п	асинхронный информационный автоматизированный	ПР на основании информации от руководства	ЛК, e-mail, сайт вуза, новостные блоки	ЛК, e-mail
Студент→ Руководство	о	асинхронный информационный ручной	Принятие мер по жалобам, заявлениям, обращениям	e-mail, ЛК, аналоговый (бумажный) носитель	Модуль регистрации обращений
Методист→ППС	п	асинхронный управляющий ручной	ПР о корректировке и актуализации методических материалов	e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	СДО, РПД
ППС→Методист	о	асинхронный информационный ручной	ПР о подборе материалов, инструкций для ППС по полученным запросам	e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	1С, СДО
Методист→ Студент	п	асинхронный информационный комбинированный	Предоставление справок, объяснительных, заявлений	e-mail, ЛК	Аналоговый (бумажный) носитель
Студент→ Методист	о	асинхронный информационный ручной	ПР о принятии в работу полученных документов	Аналоговый (бумажный) носитель	1С, прикладное ПО, аналоговый (бумажный) носитель

Продолжение таблицы 1.4

Кафедра→ППС	п	асинхронный управляющий комбинированный	ПР по актуализации РПД, структуре материалов в соответствии с учебной нагрузкой	ТАНДЕМ.Университет, аналоговый (бумажный) носитель	РПД, СДО
ППС→Кафедра	о	асинхронный информационный ручной	ПР о полноте, достоверности полученных документов, напр. оценка выполнения ИПП	e-mail, ТАНДЕМ.Университет	ТАНДЕМ.Университет, Аналоговый (бумажный) носитель
Руководство→Кафедра	п	асинхронный управляющий автоматизированный	ПР по корректировке учебных планов, подготовке отчетной документации	Портал и сервисы вуза, e-mail	ТАНДЕМ.Университет, РПД, e-mail
Кафедра→Руководство	о	асинхронный информационный комбинированный	ПР по ресурсам, документации	Портал и сервисы вуза, e-mail	Портал и сервисы вуза, BI - отчетность
Методист→Кафедра	п	асинхронный информационный ручной	ПР по актуализации учебных программ, планов	e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	ТАНДЕМ.Университет, РПД, аналоговый (бумажный) носитель
Кафедра→Методист	о	асинхронный контрольно-вопросный комбинированный	ПР о принятии в работу полученных документов	e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	e-mail, ТАНДЕМ.Университет, РПД, аналоговый (бумажный) носитель

Ключевым аспектом адаптивного взаимодействия, а точнее реализации обратной связи в исследовании является связь «Преподаватель – Студент», но разрабатываемые подходы и решения применимы в последствии и к другим связям, рассмотренным в контексте всех субъектов ЦОС. Это и будет являться перспективным направлением дальнейшего развития. Выбор указанных субъектов связан со сложностью и динамикой взаимодействия, тогда как в других связях информационных потоков преобладает информационный характер, но результаты АОС используются остальными субъектами при принятии решений, что и отражено далее в исследовании.

Классификацию типов информационных потоков можно описать следующим образом:

По времени передачи: синхронный способ передачи – в режиме реального времени, асинхронная передача – отложенная передача (прием и передача отложены во времени).

По автоматизации: автоматизированная передача - с минимальным участием субъекта (инициирует передачу), автоматические – полностью без участия субъекта, ручные – передаются субъектом.

По содержанию: информационные (передача информации, рассылка), управляющие (распоряжения, команды, алгоритм действия), контрольно-вопросные – запрос сведений для инициации обратной связи).

Проблемы: задержка при передаче обратной связи, так как преобладает асинхронный тип связи. Прямая и обратная связь реализуется по разным каналам с отсутствием центральной аналитики (разрозненные данные).

Таким образом, проблема в организации информационных потоков в образовательной среде между узлами (субъектами) заключается в следующем: задержка при передаче обратной связи, так как преобладает асинхронный тип связи. Полуавтоматическая и ручная передача также оказывает влияние на передачу информации в потоках. Отсутствует адаптивность так как процесс и потоки стандартизированы. Прямая и обратная связь осуществляется по разным

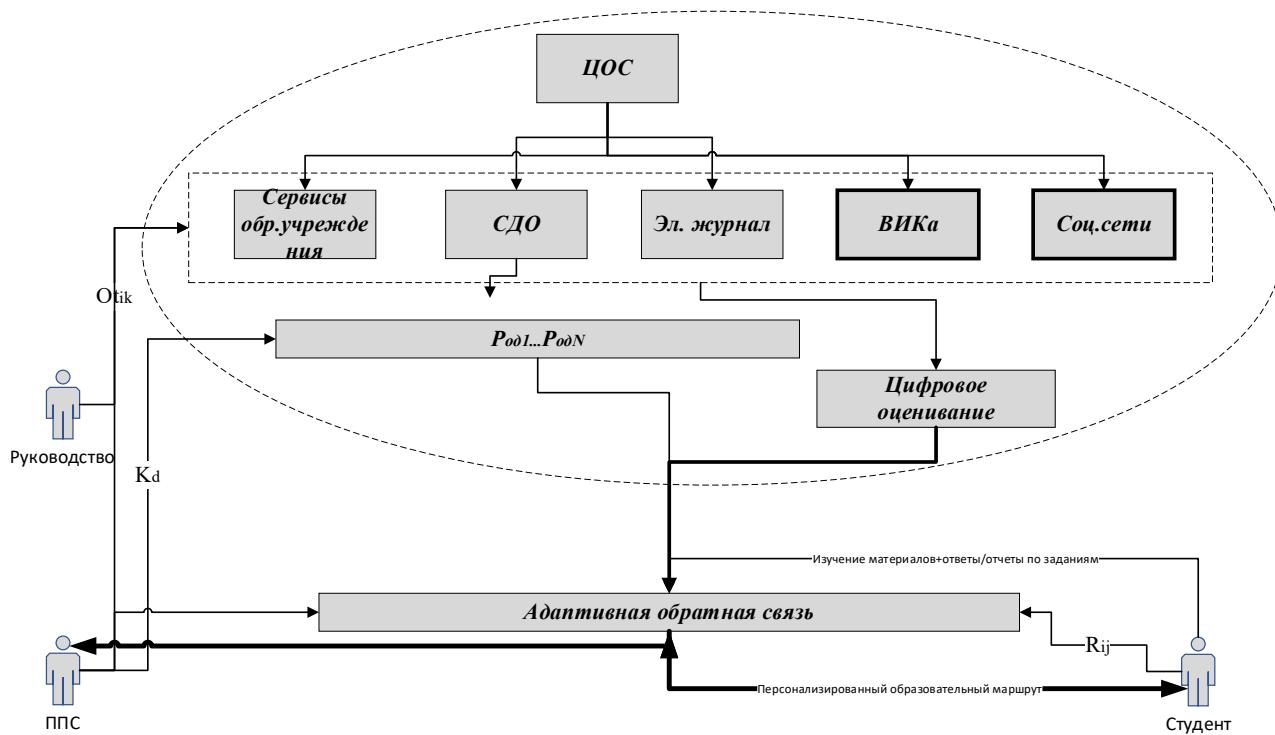
каналам, и отсутствует центральная аналитика (разрозненные данные), приоритизация поступающих сообщений, запросов.

Необходимо отметить, что передача информации и взаимодействие в ЦОС носит фрагментарный характер в контексте фиксации результатов в формате статичности и выгрузки итоговых отчетов. Индивидуально по отдельным элементам рабочих областей возможно применение дополнительных ресурсов с автоматизированной обработкой, но в контексте цифровой среды на текущий момент такие решения отсутствуют, что подтверждается исследованиями [76,80,139,190].

1.2.2 Информационные потоки и интеллектуальная обработка информации в цифровой образовательной среде

В результате анализа информационных потоков в ЦОС и организации процесса взаимодействия субъектов с учетом текущих исследований по формальным моделям семантики, обработки текстовых данных и адаптивным алгоритмам, пришли к выводу, что исследования не охватывают в целом цифровую среду в сфере образования с применением NLP при реализации обратной связи. Таким образом, отсутствует полноценное формирование замкнутого цикла в ЦОС с адаптивным, двустороннем взаимодействием.

Дополнением и предложением при описании информационных потоков в ЦОС является реализация АОС, структурно взаимодействие можно представить в следующем виде (рисунок 1.5).



*Под1...ПодN – рабочие области дисциплин (N);
 Отк – К отчетов по i-ой дисциплине;
 Rij – результаты i-го элемента j-ой дисциплины;
 Кд – комментарии преподавателя по элементам дисциплины.*

Рисунок 1.5 – Структурная схема информационных потоков с АОС в ЦОС

Необходимо обратить внимание, что при реализации обратной связи субъектов прямые связи также являются и обратными в зависимости от того, кто является инициатором, а кто получателем, причем связи прямая/обратная взаимозаменямы как обратная/прямая. Для упрощения схем изменение направлений не отражено. Организацию информационных потоков с прямой и обратной связью при реализации АОС можно представить следующим образом (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Информационные потоки в ЦОС с АОС

Взаимосвязь субъектов	П/О	Электронно-цифровой тип связи (время / содержание /автоматизация)	Принимаемые решения	Инструмент связи	Инструмент ПР
ППС → Студент	п	синхронный информационно-управляющий автоматизированный с адаптацией	ПР о выборе цифровых учебных материалов и формата их представления, о переходе к следующему учебному модулю или уровню сложности материала	Адаптивная LMS, Модифицированная архитектура ЦОС	Адаптивный модуль, АИС ППР, ЦОС (СДО), ИИ, социальные сети, чат - боты (ВИКа), АИС ППР
Студент → ППС	о	синхронный контрольно-вопросный автоматизированный	ПР о корректности и полноте ответа, о выставлении оценки по результатам проверки, ПР о корректировке структуры содержания курса и/или учебных материалов	Адаптивная LMS, Модифицированная архитектура ЦОС	Адаптивный модуль, АИС ППР, ЦОС (СДО), ИИ, социальные сети, чат - боты (ВИКа), АИС ППР
Руководство → ППС	п	синхронный управляющий автоматизированный	Подготовка (выгрузка) отчетов, документации по запросу	Прикладное ПО, e-mail, 1C	Модуль документооборота, аналоговый (бумажный) носитель

Продолжение таблицы 1.5

ППС→ Руководство	о	синхронный информационный автоматизированный	ПР о коррекции и актуализации организации учебного процесса, ПР на основании полученных ответов на запрос	LMS – отчеты, Прикладное ПО, e-mail, 1С	BI – панель мониторинга, ТАНДЕМ.Универ ситет
Руководство → Студент	п	синхронный управляющий автоматизированный	ПР на основании информации от руководства	ЛК, e-mail, сайт вуза, новостные блоки	ЛК, e-mail, ЦОС
Студент→ Руководство	о	асинхронный информационный ручной	Принятие мер по жалобам, заявлениям, обращениям	e-mail, ЛК, аналоговый (бумажный) носитель	Модуль регистрации обращений, ЦОС
Методист→ППС	п	синхронный управляющий автоматизированный	ПР о корректировке методических материалов	e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	СДО, РПД
ППС→Методист	о	синхронный информационный автоматизированный	ПР о подготовке материалов, инструкций для ППС по запросам	LMS – аналитика, ЦОС	1С, СДО, ЦОС, АИС ППР
Методист→ Студент	п	асинхронный информационный автоматизированный	ПР о предоставлении справки, объяснительной, заявления	e-mail, чат-бот (ВИКа)	e-mail, чат-бот (ВИКа)
Студент→ Методист	о	асинхронный информационный автоматизированный	ПР о принятии в работу полученных документов	e-mail, чат-бот (ВИКа)	e-mail, ЦОС, чат- бот (ВИКа)

Продолжение таблицы 1.5

Кафедра→ППС	п	синхронный управляющий автоматизированный	ПР по актуализации РПД, структуре материалов в соответствии с учебной нагрузкой	ТАНДЕМ.Университет. АИС ППР	АИС ППР, РПД, ЦОС (СДО)
ППС→Кафедра	о	синхронный информационный автоматизированный	ПР о полноте, достоверности полученных документов, напр. оценка выполнения ИПП	ТАНДЕМ.Университет. АИС ППР	АИС ППР, ТАНДЕМ.Университет, ВІ – отчетность
Руководство→Кафедра	п	синхронный управляющий автоматизированный	ПР по корректировке учебных планов, подготовке отчетной документации	Портал и сервисы вуза, e-mail, ЦОС	ЦОС, ТАНДЕМ.Университет, РПД
Кафедра→Руководство	о	синхронный информационный автоматизированный	ПР по ресурсам, документации	Портал и сервисы вуза, ЦОС	ЦОС, ВІ - отчетность
Методист→Кафедра	п	синхронный информационный автоматизированный	ПР по актуализации учебных программ, планов	ЦОС, e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	ТАНДЕМ.Университет, РПД, ЦОС, АИС ППР
Кафедра→Методист	о	асинхронный контрольно-вопросный автоматизированный	ПР о принятии в работу полученных документов	ЦОС, e-mail, аналоговый (бумажный) носитель	ТАНДЕМ.Университет, РПД, ЦОС, АИС ППР

С реализацией АОС часть запросов направляются напрямую в ЦОС без потери времени на ожидание при передаче информационных потоков получателю по типовым запросам и задачам, информация по которым присутствует в системе, например промежуточные результаты студента с полной информацией по каждому элементу (объем, уровень изученного с цифровым следом).

Все информационные потоки синхронизированы в одном канале с централизованной аналитикой в режиме реального доступа, что позволяет сократить время на ожидание ответов на запросы. Прямая и обратная связь становятся интерактивными и адаптивными, то есть генерация сценариев в обратной связи с индивидуальными траекториями (информационными потоками). Предложением в информационных потоках является организация сценариев взаимодействия субъектов за счет инструментов в архитектуре ЦОС.

Замкнутый цикл обратной связи в ЦОС – это процесс циркуляции информации от субъекта (ППС, студент, руководство, кафедра, методист), через модули АИС ППР, сценарии АОС и принятия решений, до возвращения результата субъекту для коррекции действий. Замкнутость определяется передачей информации между субъектами и коррекцией действий на основании анализа результатов взаимодействия, являющихся новым входом для последующего взаимодействия. В отличии от открытой системы взаимодействия при которой система не возвращает результат субъекту для коррекции, а только фиксирует факт выполнения действия или результат определяющим критерием является наличие прямой, обратной и корректирующей связи. В описываемом цикле адаптивность обеспечивается динамически формируемой оценкой сценариев взаимодействия субъектов.

Предложением реализации концепции в методологии АОС в ЦОС являются:

1) Замкнутый цикл в ЦОС с введенными компонентами в архитектуру ЦОС для реализации сценариев, обеспечивающих полноту покрытия вариантов действий для принятия решений субъектами. Инструменты связи, компоненты

архитектуры для реализации сценариев взаимодействия субъектов в ЦОС с интеллектуальным и адаптивным сопровождением на основе метода интеллектуального анализа информации в ЦОС описываются онтологической моделью информационных потоков.

2) Адаптивное и интеллектуальное сопровождение обеспечивается архитектурой ЦОС с введенными компонентами для динамического взаимодействия субъектов с фиксацией результатов цифрового взаимодействия.

3) Генерация сценариев взаимодействия осуществляется на базе архитектур нейронных сетей метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС.

4) Аналитическое сопровождение на этапах замкнутого цикла субъектов в ЦОС с принятием решений реализуется АИС ППР за счет модульной структуры системы.

Представление узлов и потоков в виде графа при принятии решений можно обобщить следующим образом (рисунок 1.6). Необходимо обратить внимание, что под узлом G «руководство» подразумеваем также УНСП, т.е. кафедру, под узлом M все модули АИС ППР [12,23,132,137,268].

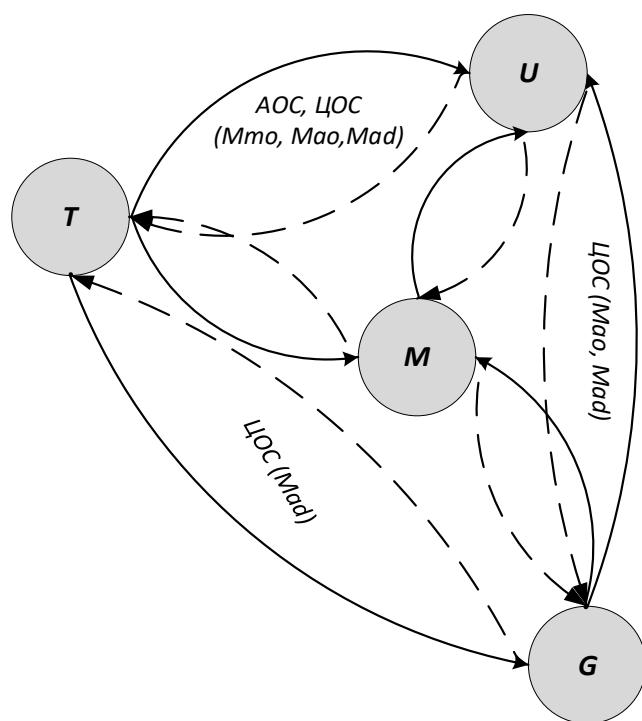


Рисунок 1.6 – Графовое представление узлов и потоков

Вершинами (узлами) являются субъекты и модули (1.1).

$$V = \{U, T, A, G, M_{ao}, M_{mo}, M_{ad}\}, \quad (1.1)$$

где:

V – множество вершин (субъекты и модули АИС ППР):

U – обучающийся;

T – преподаватель;

G – руководство;

A – АИС ППР: M_{ao} – модуль АОС, M_{mo} – модуль оценивания в ЦОС,

M_{ad} – модуль аналитической обработки взаимодействия субъектов.

Отличием от типовых моделей в потоках являются не линейные и семантически обогащенные, многоканальные модели взаимодействия. При этом траектория представляет не шаблонную структуру, а динамически формируемую. Обратная связь при этом является не статической (результатирующей), а динамически формируемой [43,102,196-200].

Таким образом, осуществляется реализация замкнутого информационного цикла в ЦОС, то есть путь прохождения информации через компоненты ЦОС, при котором данные от пользователей обрабатываются в модулях с преобразованием в виде решений: рекомендаций, маршрутов с возвратом к инициатору для коррекции действий (1.2).

$$U \rightarrow T, A \rightarrow M_{ao} \rightarrow (M_{mo}, M_{ad}) \rightarrow U \quad (1.2)$$

Компоненты и интерфейсы замкнутого цикла ЦОС с реализацией неразрывных и целостных связей в методе интеллектуального анализа и АИС ППР можно представить в табличном виде (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Описание компонентов замкнутого цикла ЦОС

Компонент	Описание	Тип	Интерфейс/протокол
Модуль сбора данных	Фиксация активности пользователя: ответы, ошибки, комментарии	json – события, логи	API/REST

Продолжение таблицы 1.6

Аналитический модуль	Обработка, агрегирование, диагностика	графы ошибок, массивы	ETL, API
Модуль маршрутизации	Узел принятия решений по следующему шагу	json – маршрут	Redis/RabbitMQ
Модуль генерации обратной связи	Вывод рекомендаций, персонализированного маршрута (сценария взаимодействия)	HTML, UI - команды	Websocket/API
Интерфейс пользователя	ввод/вывод/триггер обратной связи	UI - события	REST/GraphQL

Замыкание в цикле осуществляется при маршрутизации или анализе результата, которые влияют на поведение системы, а именно уровень сложности заданий, изменение траектории обучения или повторные пояснения и форматы помощи.

При этом функционал с описанием особенностей и связями компонентов в ЦОС можно представить структурно в табличном виде (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Структура связи компонентов с функциональным описанием

№ цикла	Связка компонентов	Описание	Функционал
1	студент→оценка→ обратная связь→ студент	диагностика и коррекция знаний	семантическое оценивание
2	студент→диагностика→ маршрутизация→ студент	изменение траектории	адаптивное ветвление
3	преподаватель→аналитика→ комментарии/помощь→ преподаватель	ППР	методическая адаптация
4	группа/учебный поток→персонализация→ сценарий→ группа/уч.поток	масштабная маршрутизация	гибридная оптимизация

При реализации АИС ППР со сценариями замкнутых циклов в ЦОС необходимо учитывать:

- среднее отклонение траектории обучения;
- скорость реакции на ошибки (ручная / автоматическая – мгновенная);
- адаптивность (ограниченная / многоуровневая);
- контроль потери информации (отсутствует/ частичная или полная компенсация).

Указанные параметры проверяются через цифровые показатели как в АИС ППР, так и по цифровым характеристикам в ЦОС.

Таким образом, предложением организации информационных потоков в отличии от ранее реализуемой обратной связи, которая рассматривалась отдельно без инициации на события и запросы с принятием решений по регламенту, является синхронизация потоков и запросов с формированием автоматически генерируемых ответов с динамическим, событийно-ориентированным управлением, обеспечивающих непрерывный управленческий цикл.

Техническая реализация замкнутости информационных циклов в ЦОС обеспечит устойчивую адаптацию траектории взаимодействий субъектов в образовательном процессе, позволит минимизировать отклонения за счет автоматизации основных процессов с поддержкой непрерывной обработки и коррекции информации.

1.3 Методы и средства интеллектуальной обработки естественного языка в образовательной среде

В зарубежных исследованиях акцент смешен в сторону разработки алгоритмов прогнозирования и адаптации, которые позволяют выявить закономерности в ответах. В отечественных исследованиях преобладает семантический анализ и онтологические модели образовательных процессов с фрагментарными программными решениями по тестированию и анализу результатов.

Многоуровневые модели в [54,57-58,203,204] описывают связь задача –

процесс – саморегуляция с построением концептуальной модели уровней обратной связи в контексте теоретико-методологического направления. В свою очередь математико-вычислительное направление описывается в работах через байесовскую модель усвоения знаний, но не цикл взаимодействия субъектов. В статье [25,27,55,270] описывается процесс персонализации заданий и вероятности усвоения навыков. Актуальным направлением также является предсказание результатов [191,263-264,290] с помощью нейросетевых моделей (LSTM) с применением библиотек TensorFlow, PyTorch, рассматриваются также задачи оптимизации траекторий с приростом успеваемости [45,61,62,84,112].

Семантическо-онтологическое направление описывает семантическую маршрутизацию и построение онтологических графов [3, 61, 273]. Допускаются варианты с моделями адаптации траекторий индивидуализации на основе байесовских моделей [18,66,72,103]. Практическими предложениями в исследованиях также являются примеры адаптивного тестирования, но без учета замкнутости в цикле и без комбинаций типов генерации заданий не учитывающих вариативность видов заданий и мультимодальность данных.

Анализ исследований по обратной связи и инструментах интеллектуальной обработки информации в ЦОС показал, что ключевыми направлениями являются либо алгоритмическая точность, либо онтологическая интерпретируемость с фрагментарными решениями, не охватывающими взаимодействие субъектов в ЦОС при поддержке принятия решений. В исследовании ключевыми направлениями реализации являются:

- разработка интегративной архитектуры (семантический уровень, аналитический и стратегический);
- включение механизмов аннотирования и унификации мультимодальной АОС в замкнутом цикле ЦОС с модифицированной архитектурой для полноценного взаимодействия субъектов;
- реализация замкнутости цикла обратной связи, где результат является входом и напрямую влияет на дальнейшие действия субъектов.

Таким образом, замкнутый цикл – это цикл, в котором выходные данные

являются входом для следующего шага с механизмом адаптации с настройкой действий под состояние субъекта при принятии решений. В методе интеллектуального анализа реализуется возможность мультимодальности данных с генерацией взаимодействия при ответах в свободной форме, генерация сценария в зависимости от принятого решения субъектом и аналитическим модулем оценивания при реализации сценариев. В исследовании рассматривается новый взгляд на сочетание эффективной обратной связи через адаптивность с интеллектуальными инструментами, сочетающими различные архитектуры в ЦОС при условии многопоточности. Таким образом, осуществляется интеграция технологических и методологических решений в модифицированной архитектуре ЦОС.

В целях систематизации проведенного анализа рассмотрим актуальные методы и подходы по обработке естественного языка в процессе реализации обратной связи с ПР.

Текстовые данные представляют собой совокупность рассматриваемых текстов, которые называют корпусом. Для работы с текстом необходимо его предварительно обработать и представить в числовом виде.

Процесс начинается с токенизации — разбиения текста на составляющие (слова, предложения, фразы) с использованием разделителей, таких как пробелы или знаки препинания.

Глоссарий обработки текста:

- векторизация текста — представление слов в виде чисел;
- лемматизация — приведение изменяемых форм слова к его начальной форме (лемме);
- стемминг — процесс поиска основы слова (stem);
- мешок слов — способ представления текста в виде словаря уникальных слов с учетом их частоты появления в тексте. Этот подход игнорирует грамматику и порядок слов, но учитывает их частотность.

Для анализа текстов часто используется кластерный анализ, который позволяет объединять предложения или документы по темам. Важной метрикой

в этом процессе является косинусное расстояние, которое измеряет сходство между векторами текста. Чем больше значение косинуса угла между ними, тем больше схожесть.

Этапы обработки текстовых данных:

1. Разделение на слова или токенизация слов.
2. Проверка релевантности: перевод в нижний регистр, удаление стоп-слов (не несут смысловой нагрузки, например, предлоги, союзы) и знаков пунктуации. Использование Natural Language Toolkit (NLTK) на Python.
3. Выполнить лемматизацию. Снизить разнообразие форм слова и повысить качество извлекаемых признаков.
4. Выбор метода (например, в TF-IDF выбрать пороговое значение для веса, чтобы определить, какие слова считать ключевыми).

TF-IDF — это показатель, учитывающий как частоту слова в конкретном документе, так и его редкость в целом по коллекции документов.

TF (t, d) представляет собой частоту термина t в документе d , которая определяется как отношение количества отдельных слов в документе к общему числу слов. Чем чаще встречается слово в документе, тем выше значение TF.

IDF(t) — обратная частота документа для слова t . Она рассчитывается как логарифм от общего числа документов, деленного на количество документов, содержащих интересующее слово. Чем реже слово встречается в целом, тем выше его вес в значении IDF.

Таким образом, чем выше частота слова в документе (TF) и чем реже оно встречается в коллекции документов (IDF), тем выше итоговое значение TF-IDF.

Методы обработки текстовых данных разнообразны и зависят от задач анализа. TF-IDF может использовать различные схемы взвешивания: нормализацию, сглаживание и другие методы, которые учитывают специфику задачи. TF-IDF особенно полезен при выделении ключевых слов и задачах кластеризации и классификации. Однако, для сложных случаев, где важны семантические связи между словами, лучше подойдут методы, такие как Word2Vec.

Метод N-грамм представляет собой последовательности из N смежных элементов текста, например слов или символов. Их главная роль заключается в улавливании зависимостей между словами, что особенно эффективно при учете словосочетаний. Методы Doc2Vec, FastText и другие, позволяют эффективно моделировать семантические отношения и использовать их для дальнейшего анализа текста.

Word2Vec. Алгоритм работы:

1. Программа принимает большой текстовый корпус в качестве входных данных. Сначала генерирует словарь корпуса, а затем вычисляет векторное представление слов, «обучаясь» на входных текстах.
2. Векторное представление основывается на контекстной близости. Слова, встречающиеся в тексте рядом с одинаковыми словами (т.е. имеющие схожий смысл), будут иметь близкие (по косинусному расстоянию) векторы.
3. На выходе Word2vec передаёт координаты векторов, соответствующих данным словам.

В Word2vec реализованы следующие алгоритмы обучения:

1. CBoW (англ. Continuous Bag of Words, «непрерывный мешок со словами»). Архитектура, которая предсказывает текущее слово, исходя из окружающего его контекста.
2. Skip-gram. Архитектура, которая действует наоборот: она использует текущее слово, чтобы предугадывать окружающие его слова [26,60,111,119,283-285].

Алгоритм работы Doc2Vec:

1. Формирование числового вектора из поступающего неразрешённого запроса. Вектор сравнивается с векторами страниц файлов документации.
2. Определение сходства текстовых данных. Измеряется коэффициентом косинусной близости векторных представлений. Чем больше значение коэффициента, тем более уверенно можно утверждать, что оба текста похожи.
3. Получение списка с идентификаторами страниц документации,

наиболее похожих на входные неразрешённые запросы. Данные собираются в отчёт и предоставляются пользователю.

4. Векторы слов и документов обучаются с использованием метода стохастического градиентного спуска и метода обратного распространения ошибки. Векторы документов являются уникальными, а векторы одинаковых слов в разных документах совпадают.

Алгоритм работы FastText:

1. Негативное сэмплирование. Способ создать для обучения векторной модели отрицательные примеры, то есть показать пары слов, которые не являются соседями по контексту. Для каждого положительного примера подбирается несколько отрицательных (обычно подбирается от 3 до 20 случайных слов).

2. Subword-модель. Представление слова через цепочки символов.

3. Хэширование признаков. Процедура, позволяющая кодировать объекты разных размеров с помощью символьных цепочек одинаковой длины. Признаки получают хэш-индексы, что помогает быстрее их считывать.

4. В основе классификатора лежит модель линейной классификации. Чем больше количество классов, тем больше время работы линейной модели. Для оптимизации классификатора используется иерархический softmax, основанный на алгоритме кодирования Хаффмана.

Для последовательных данных часто применяются рекуррентные нейронные сети (RNN), которые обрабатывают входные последовательности по одному элементу, сохраняя скрытое состояние h_t . Это состояние позволяет сети учитывать информацию из предыдущих элементов. Однако у RNN существует проблема затухающих градиентов, что затрудняет обучение долгосрочных зависимостей.

В зависимости от типа задачи применяются различные архитектуры RNN:

- many to many — используется для задач перевода текстов;
- many to one — применяется для анализа эмоциональной окраски текста (вход — текст, выход — категория: положительный, нейтральный,

отрицательный);

- one to many — используется для генерации описания изображений (вход — карты признаков изображения, выход — описание);

- one to one — редкая архитектура, предназначенная для выполнения нелинейных рекуррентных вычислений.

Каждая из архитектур оптимизирована под конкретные задачи и способна адаптироваться в зависимости от длины входной последовательности и ее природы [3,28,88].

Формирование обучающей выборки начинается с использования класса `tf.keras.preprocessing.text.Tokenizer`, который помогает преобразовать текст в последовательность токенов. Среди его параметров выделяют `num_words` — максимальное количество слов (символов), которое вернет `Tokenizer` (если элементов будет больше, останутся наиболее повторяющиеся слова), `filters` — исключаемые из текста символы (по умолчанию специальные знаки и пробелы), а также `lower` для автоматического перевода в нижний регистр. Параметр `split` определяет символ разделения слов, а `char_level` управляет тем, делить ли текст на слова или символы.

После этого создается рекуррентный слой с помощью класса `SimpleRNN` из пакета Keras: `keras.layers.SimpleRNN`. Параметры этого слоя включают `units` — число нейронов и `activation` — функцию активации нейронов (по умолчанию используется гиперболический тангенс `tanh`, который часто показывает хорошие результаты).

Далее, для представления слов в векторной форме используется слой `keras.layers.Embedding`, который преобразует каждое слово в многомерный вектор. Основные параметры слоя: `input_dim` — число слов в словаре, `output_dim` — число выходов в Embedding-слое, и `input_length` — размер входного вектора.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) и LSTM для анализа последовательностей текста начинают работу с процесса токенизации и подготовки данных.

Текст разбивается на слова (токены) и приводится к нижнему регистру для

единообразия. Затем создается словарь уникальных слов и выполняется отображение слов в индексы с использованием структуры `word_to_ix`. Далее формируются входные последовательности длиной в слова (`seq`) и соответствующие им целевые слова (`target`), что позволяет RNN или LSTM учитывать контекст предыдущих слов при анализе текста и делать более точные предсказания.

После подготовки данных следует этап загрузки и формирования датасета. Датасет и загрузчик данных играют ключевую роль в обеспечении корректной подачи данных для обучения модели. Определяется класс `TextDataset`, который преобразует данные в формат, подходящий для обучения. Для пакетной загрузки данных во время обучения используется `DataLoader`.

Определение модели начинается с разработки структуры `LSTMModel`, которая состоит из нескольких слоев. Слой `Embedding` преобразует входные индексы слов в плотные векторные представления. Затем слой `LSTM` обрабатывает последовательности эмбеддингов, учитывая зависимость слов во времени. Наконец, слой `Linear` преобразует выходы `LSTM` в вероятности для каждого слова в словаре [29,68,161-164].

Важным шагом является преобразование размеров входных данных для соответствия ожидаемому формату в PyTorch `LSTM`, что позволяет модели корректно обучаться и предсказывать последовательности.

После формирования модели следует этап обучения. Для этого используется функция потерь `CrossEntropyLoss`, которая подходит для многоклассовой классификации. Параметры модели обновляются с помощью оптимизатора `Adam`, что позволяет минимизировать потери. Обучение проводится в течение 500 эпох, при этом потери выводятся каждые 100 эпох для мониторинга процесса.

После успешного обучения модель переходит к генерации текста. Функция `generate_text` принимает начальный текст и генерирует заданное количество слов. Модель предсказывает следующее слово на основе последних `sequence_length` слов, а предсказанные слова добавляются к последовательности

для дальнейшего прогнозирования, что позволяет генерировать связные текстовые последовательности.

Transformer — это архитектура нейронной сети, основанная исключительно на механизме внимания, без использования рекуррентных слоев. Каждый блок трансформера выдает последовательность той же длины, что и входная, и состоит из двух ключевых компонентов: multi-head attention и feed-forward слоя. После каждого из этих блоков выполняется нормализация через слой layer normalization (обозначается как "Add & Norm"), что помогает стабилизировать обучение.

Матрицы запросов (Q), ключей (K) и значений (V) формируются с помощью проекций входной матрицы X через соответствующие матрицы WQ , WK и WV . Результат вычисляется через функцию внимания, которая нормализуется с помощью softmax. Размерность ключевых векторов обозначается как dk .

Процесс работы:

1. На вход подается последовательность и создается её векторное представление с прибавлением позиционного кодирования.
2. Входные элементы обрабатываются параллельно в кодирующем компоненте, который не учитывает порядок.
3. Далее декодирующий компонент получает выход кодирующего и использует его для обработки следующей части.
4. На выходе формируется новая последовательность.

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) применяется в задачах с предсказанием относительно всего входа целиком без генерации, например, при классификации предложений или поиске пар похожих документов. В отличие от GPT, он отличается двунаправленным вниманием: при обработке входной последовательности все токены могут использовать информацию друг о друге. BERT не учится генерировать тексты с нуля. Одна из задач при обучении — это masked language modeling (предсказание случайно замаскированных слов по оставшимся).

Важным моментом является то, что размер батча для обучения играет

ключевую роль. Практически все современные Transformer-модели обучаются на больших батчах, которые для самых крупных языковых моделей могут достигать миллиона токенов. Однако ни одна современная GPU не может обработать столько данных за один шаг, поэтому на помощь приходит распределенное обучение и подход с накоплением градиентов по микробатчам.

Сначала выполняется токенизация, где используется метод `encode` с параметром `return_tensors='pt'`, что позволяет получить тензор. Токенизатор автоматически добавляет специальные токены [CLS] и [SEP], обеспечивающие корректную обработку входных данных. Далее определяется позиция маски в тексте. С этой целью применяется функция `torch.where`, которая находит индекс токена [MASK] в тензоре `input_ids`. Для выполнения предсказания пропускаем тензор `input_ids` через модель, чтобы получить логиты — значения до применения функции SoftMax. Извлекаются логиты для маскированного токена, что позволяет определить его вероятное значение. Получение предсказанных слов заключается в применении функции `torch.topk`, которая возвращает индексы топ-5 наиболее вероятных токенов. Затем индексы преобразуются обратно в слова с помощью функции `tokenizer.decode`. Это позволяет восстановить наиболее подходящие слова для заполнения пропусков в исходном тексте [32,133-135,178,267].

В результате анализа архитектурных решений по обработке естественного языка пришли к выводу о формировании этапов с семантическим анализом и последующей генерацией взаимодействия субъектов ЦОС. Обратную связь представляем в виде динамической языковой модели взаимодействия в модифицированной архитектуре ЦОС. Предложением диссертационного исследования при реализации интеллектуального сопровождения в АОС являются два класса архитектурных решений:

1. Архитектура анализа текста для извлечения смысловой структуры, а именно семантический анализ текста. В данном классе для концептуального описания используем `encoder` – архитектуру на основе трансформера BERT и GPT. В практической реализации использовали GPT с неявной реализацией

семантического кодирования как промежуточный этап (приложение Б).

2. Архитектура генерации взаимодействия при АОС субъектов ЦОС. Применяем генеративные языковые модели GPT и GigaChat для динамического взаимодействия. Выбор гибридной архитектуры связан со спецификой предметной области, а именно образовательной среды и вариативностью форм взаимодействия категориальных пар субъектов.

Таким образом, в реализации замкнутого цикла в ЦОС используем комбинацию архитектур от предобработки и классификации текстов до генерации развернутых ответов в АОС. Связь осуществляется через конвейер обработки данных: результаты одной архитектуры подаются на вход другой, что формирует целостную технологическую цепочку. Сочетание архитектур с ролью в АОС при реализации сценариев категориальных пар субъектов ЦОС можно обобщить в табличном виде (таблица 1.8).

Таблица 1.8. – Описание архитектур в АОС

Архитектура	Технические возможности	Ограничения	Описание решаемых задач	Этап в АОС	Связь с другими архитектурами при реализации сценариев в АОС
encoder – архитектура	Трансформер с высокой точностью в задачах классификации и извлечения признаков	Не генерирует связный текст	Классификация в необходимости запуска АОС, семантический поиск	Токенизация и векторизация. Предобработка и анализ входного набора данных	Генерация векторного представления для подачи в GPT/GigaChat при генерации ответов
GPT	Авторегрессионный трансформер, обученный на корпусах. Генерация связного текста, адаптивных ответов	Высокие вычислительные требования, зависимость от API	Генерация текстовых откликов, автоматизация проверки ответов в свободной форме	Векторное представление. Генерация ответов/взаимодействия в АОС	Признаки и метки как вход для формирования текста

Продолжение таблицы 1.8

GigaChat	LLM с оптимизацией под русский язык и мульти modalность с интерпретацией в российские сервисы	Ограниченный корпус	Генерация на русском, мульти modalные ответы, диалоговый интерфейс	Генерация в сценариях взаимодействия в АОС	Дополняет GPT на русскоязычных данных, подключение после encoder – архитектуры
Ollama	Для локального запуска моделей. Автономность и защита данных	Зависимость от мощности локального сервера	Обработка без передачи данных в облако, edge - развертывание	Развертывание и эксплуатация	Входные данные для сценариев (вопросы/ответы) от encoder – архитектуры, GPT, GigaChat и реализует локальное исполнение

Источниками данных являются компоненты модифицированной архитектуры ЦОС: чаты, социальные сети, СДО. Семантическое аннотирование и классификацию реализует encoder – архитектура (BERT (rubert-tiny2), GPT), генерацию и взаимодействие в АОС – GPT/GigaChat, развертывание и безопасное внедрение – Ollama.

Таким образом, комбинация архитектур обеспечит высокую точность классификации, гибкость АОС, адаптацию под отечественную образовательную систему в ЦОС с автономной защитой и реализацией замкнутого цикла с переходом от анализа к генерации и внедрению (анализ данных, генерация АОС, операционное внедрение).

Необходимо отметить, что в описании архитектур при реализации этапов АОС рассматриваются мультимодальные данные в данный термин в контексте исследования подразумеваем принцип использования нескольких модальностей для передачи, восприятия и обработки информации. В диссертации при реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации в АОС рассматриваются примеры использования в сценариях текстовой информации и изображений как по прямой связи, так и обратной. Ключевой модальностью является обработка естественного языка, но другие варианты также допустимы. Далее по тексту диссертации при описании этапов реализации АОС с учетом гибридных архитектур возможно применение аудио и видео данных, но основными модальностями являются текст и изображения, так как в условиях реализации образовательного процесса и примеров взаимодействия основной категориальной пары «преподаватель – студент» указанные модальности являются основополагающими с высокой частотой применения.

При описании этапов разработки и реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации в четвертой главе диссертации рассматривается обобщенное представление мультимодальной системы, под которой понимаем систему, способную воспринимать, обрабатывать и передавать информацию через несколько модальностей.

Под семантическим моделированием понимаем метод представления и

анализа информации, знаний и данных с учетом семантики компонентов в АОС. При реализации АОС в методе интеллектуального анализа и аннотирования информации и АОС ППР в модулях последовательно реализуются этапы семантического анализа, генеративного этапа с последующей оценкой сценариев в АОС на основе многокритериальной и стохастической моделей, что отражено в четвертой и пятой главах диссертации.

В диссертации при реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС будет использована комбинация архитектур и методов для реализации замкнутого цикла при взаимодействии субъектов.

1.4 Анализ информационных потоков в условиях цифровизации и многопоточности

Современная модель образования характеризуется переходом от линейной, одноканальной формы организации учебного процесса к многопоточной, параллельной, цифрово-ориентированной структуре, в которой единомоментно функционирует значительное число параллельных образовательных маршрутов, цифровых коммуникаций и инструментов контроля. Такая трансформация требует глубокого анализа особенностей организации учебного процесса в условиях цифровизации и параллельного взаимодействия участников образовательного процесса в ЦОС.

Многопоточность обусловлена рядом факторов, а именно:

- объемами задач, решаемых в дисциплинах, читаемых в потоке;
- организацией учебного процесса при многопоточности;
- обеспечение взаимодействия значительного числа участников в потоковых учебных дисциплинах.

К основным вопросам, подлежащим рассмотрению в контексте многопоточности, относятся:

- формирование перечня ответственных сотрудников УНСП;

- организация учебного процесса с учетом числа задействованного ППС потоковой форме учебного процесса;
- выработка соответствующих инструкций по реализации этапов учебного процесса, включая единую систему оценки результатов обучения;
- актуализация учебно-методических материалов и документов регламентирующих структуру дисциплин данной группы;
- обеспечение необходимыми инструментами и ресурсами для организации беспрепятственного доступа участников к материалам дисциплины с учетом значительного количества как студентов, так и ППС.

Анализ традиционных методов оценивания знаний показал без реализации процесса в ЦОС, что остаются вопросы рассматриваемого процесса, а именно:

- Как осуществляется обратная связь «студент – преподаватель» в процессе изучения дисциплины?
- Каким образом реализуется своевременное изменение, корректировка текущих курсов (дисциплин) в процессе изучения, а не после ее завершения?
- Какие технические возможности на сегодняшний день представлены в системах, методах формирования банка тестовых заданий?
- Как реализуется АОС с учетом замкнутого цикла информационных потоков?
- Какие инструменты позволяют реализовать сценарий в АОС с аналитическими модулями оценки взаимодействия в ЦОС?

Для ответов на сформулированные вопросы необходимо учитывать как интересы участников образовательного процесса, так и проанализировать инструментарий организации замкнутого цикла в ЦОС с последующей ППР.

Предложениями по решению заявленной проблемы и вопросов в диссертационном исследовании выступают:

- методология идентификации дерева решений с технологическими средствами реализации обратной связи;
- онтологическая модель информационных потоков в ЦОС;
- модифицированная архитектура ЦОС с технологией организации системы

управления базами данных (СУБД);

- метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС;
- автоматизированная информационная система поддержки принятия решений (АИС ППР) в ЦОС.

Обобщая проанализированное выше с учетом сформулированных вопросов и задач, необходимо уточнение и рассмотрение процесса классификации дисциплин, а также обоснование вводимого класса рассматриваемой группы: многопотоковая дисциплина (МД).

Анализ источников рассматриваемого понятия «потоковая учебная дисциплина» привел к выводу о том, что ключевым (однозначно характеризующим) в определении является количество учебных групп. В источниках [11,83,117,191] приводятся следующие определения:

«Потоковое обучение – это эффективный и гибкий подход к организации образовательного процесса, позволяющий непрерывно обучать большое количество людей без необходимости ожидания начала следующего курса.

В основе потокового обучения лежит принцип разделения обучающихся на группы, или потоки, которые начинают обучение в разные моменты времени. Поток — это совокупность таких групп, объединенных общей программой и временем начала обучения».

Таким образом, критерием определения дисциплины как потоковая является число учебных групп, в свою очередь число профилей и форма проведения занятий не оказывает влияния на отнесение дисциплины к рассматриваемому типу. Необходимо обратить внимание на ограничения в такой классификации, а именно:

- наличие аудиторного фонда образовательного учреждения;
- необходимая «вместимость» студентов потока из аудиторного фонда;
- количество аудиторий, отвечающих критерию потоковой дисциплины.

Можно привести достаточное число примеров такой классификации дисциплин, при которых:

- число групп больше одной, но при этом один профиль и одна выпускающая кафедра;
- число групп больше одной, но при этом несколько профилей и одна выпускающая кафедра;
- число групп больше одной, и при этом несколько профилей не одна выпускающая кафедра, разные институты (факультеты).

Но по организации учебного процесса и подготовке материалов, точнее их числа будут присутствовать отличия.

Необходимо уточнить, что будет определять интенсионал рассматриваемого направления, а также рассмотреть экстенсиональную зависимость базовых понятий классификации учебных дисциплин.

Согласно Федеральному закону от 29.12.2012 № 273- ФЗ (ред. от 13.12.2024) «Об образовании в Российской Федерации» под образовательной программой понимается «образовательная программа - комплекс основных характеристик образования (объем, содержание, планируемые результаты) и организационно-педагогических условий, который представлен в виде учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), иных компонентов, оценочных и методических материалов, а также в предусмотренных настоящим Федеральным законом случаях в виде рабочей программы воспитания, календарного плана воспитательной работы, форм аттестации».

Критерием отнесения дисциплин к классу потоковых является число учебных групп одного или нескольких направлений на лекции. При этом не учитываются следующие факторы:

- организация процесса освоения дисциплины в случае нескольких потоков;
- степень вовлеченности ППС в составе потоковой дисциплины;
- единый подход к организации процесса изучения (освоения) дисциплины на всех этапах.

Экстенсионал рассмотренных категорий классификаций с учетом перечисленных факторов предлагается дополнить в направлении не только числа групп студентов, но и со стороны:

- числа профилей;
- выпускающих кафедр;
- количества ППС;
- количество лекций, читаемых разным потокам в единицу временного периода обучения по одной дисциплине.

Исследование экстенсионала понятия классификаций дисциплин привели к выводу об универсальности категории МД, где объем понятия направления МД рассматривается как составная часть «потоковых» дисциплин. Экстенсионал же данных категорий в рамках классификации дисциплин расширяется.

Отличиями образовательного процесса по потоковым дисциплинам и не относящимся к ним является: организация образовательного пространства, единой системы рекомендаций, учебного процесса с применением ЦОС. Анализ указанных отличий и предложения по организации учебного процесса рассматриваемого класса дисциплин позволит:

- исключить методические разногласия ППС;
- сформировать единый банк тестовых заданий (ЕБТЗ);
- организовать единое образовательное пространство как часть ЦОС для своевременной проверки, оценки знаний и эффективного взаимодействия субъектов ЦОС.

Рассмотрим интенсионал понятий, приводящих к данному классу. Иерархию вложенности понятий можно представить следующим образом (рисунок 1.7).

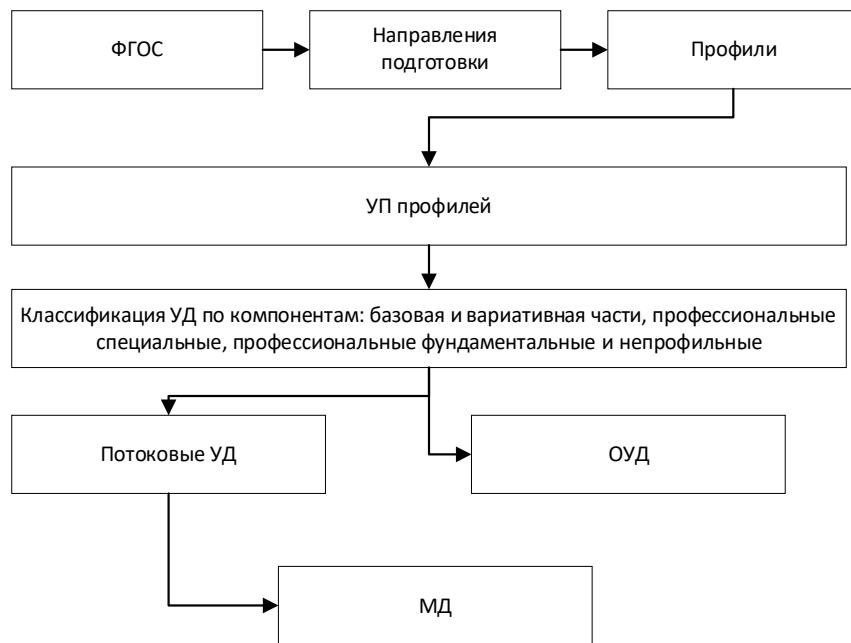


Рисунок 1.7 – Схема иерархии вложенности понятий

Далее потоковые дисциплины разделяются на:

- многопотоковые УД (МД);
- однопотоковые УД или «не относящиеся к МД».

Таким образом, термин класса многопотоковая дисциплина — это класс академических дисциплин, читаемых в условиях потокового обучения, реализуемый для большого числа студентов, объединенных в несколько потоков, отличающихся направлениями и профилями подготовки.

Рассмотренные элементы подкатегории МД с отображением связей в нормативной документации, обеспечивающей УД в контексте интенсионала, а именно совокупность признаков введенного понятия приведена на рисунке 1.8.

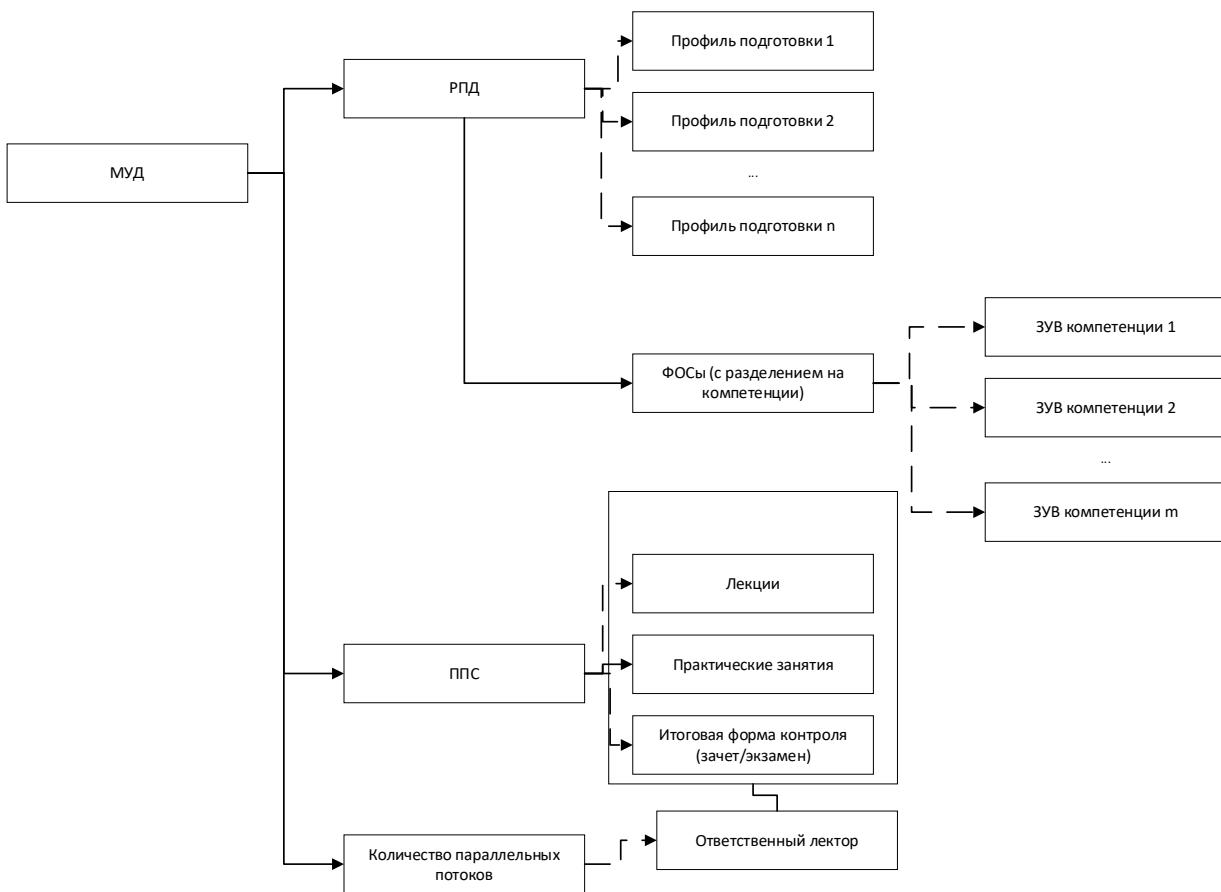


Рисунок 1.8 – Взаимосвязь элементов подкатегории

Определяющими (основными) элементами МД являются:

- состав ППС;
- количество параллельных потоков;
- число РПД по профилям;
- число ФОСов по компетенциям.

Выбор указанной группы критериев связан как с указанными выше различиями потоковых дисциплин, так и со следующими факторами:

- преподаватели, ведущие лекции в разных потоках по одной дисциплине могут по-разному методически организовать учебный процесс;
- чем больше параллельных потоков, тем выше вероятность возможных замен преподавателей как во время учебных занятий, так и во время проведения экзаменационной сессии;

- число профилей потоковой дисциплины оказывает влияние на количество заданий фонда оценочных средств (ФОС) и как следствие организацию подготовки методических материалов дисциплины.

1.5 Постановка задачи исследования

Рассмотрим функционал и техническую базу для обеспечения АОС субъектов ЦОС, а именно информационно-функциональные потребности (ИФП) и то, как на текущий момент организовано взаимодействие участников образовательной среды, что относим информационно-функциональным возможностям (ИФВ) при реализации обратной связи. Анализ организации образовательного процесса с ИФП и ИФВ субъектов в ЦОС показал наличие противоречий (таблица 1.9).

Таблица 1.9 – Противоречия между ИФП и ИФВ

Потребности	Противоречие	Возможности
Обратная связь субъектов (ППС, студенты) с коррекцией в режиме реального времени	Необходима реализация обратной связи в режиме реального времени, но в условиях многопоточности анализ и обработка информации осуществляются с временной задержкой	Обратная связь в асинхронном режиме с задержкой в ПР

Продолжение таблицы 1.9

Адаптивность и индивидуальные сценарии взаимодействия в условиях многопоточности	Для реализации гибкой персонализации при взаимодействии субъектов образовательного процесса необходимо индивидуальное формирование сценариев, но применение стандартизованных сценариев без интеллектуального сопровождения исключает такую возможность	Стандартизованные и унифицированные сценарии и тестовые задания
ППР руководством, кафедрой, ППС	Для эффективной организации ППР необходима полная и актуальная информация, в реальных условиях доступные данные носят неполный и фрагментарный характер	Фрагментарные (разрозненные) данные, без интеграции в единую модель
Интеллектуальная проверка /сопровождение образовательного процесса	Для реализации интеллектуального сопровождения образовательного процесса необходим анализ смыслового содержания, но унифицированные тестовые системы не могут обеспечить возможность интеллектуальной обработки информации	Унифицированные тестовые системы с преобладанием закрытых вопросов и фиксированных вариантов
Прозрачность и доверие к системе обратной связи	Обеспечение прозрачности и доверия требует открытого и осмысленного взаимодействия субъектов образовательного процесса, но традиционная форма взаимодействия не обеспечивает в полной мере участников ЦОС результатами анализа оснований принимаемых решений	Традиционная форма взаимодействия (инициатор – получатель) без раскрытия информации анализом принимаемого решения

Противоречия показывают, что существующие подходы в организации взаимодействия участников образовательной среды и технологические решения в ЦОС не полностью соответствуют потребностям субъектов образовательного процесса для реализации АОС. В результате научная проблема заключается в отсутствии эффективных методологических подходов к разработке интеллектуальных систем АОС в ЦОС, способных учитывать многообразие

мультимодальных данных и осуществлять семантическое моделирование контента для повышения качества образовательного процесса.

Качество ПР в ЦОС – это степень соответствия решений субъектов поставленным образовательным целям и задачам в условиях многопоточности, многоканальности и динамики информационных процессов. Способность системы поддерживать эффективные действия субъектов ЦОС на основе АОС, анализа данных и интеллектуальных подходов и алгоритмов. К показателям качества ПР в ЦОС относятся: точность (соответствие решения фактам, критериям), согласованность (соответствие решений разных уровней субъектов, количеству конфликтных решений, доле совпадения стратегий), интерпретируемость (прозрачность) с возможностью обоснования решений, объяснений через оценку доверия пользователей. Показатели эффективности: оперативность (время от получения данных до принятия решений, т.е. отклик системы), результативность – степень достижения целей с помощью ПР, процент успешных стратегий, адаптивного взаимодействия, рост успеваемости, снижение ошибок, ресурсоэффективность – определяется расходом вычислительных и временных ресурсов при взаимодействии в субъектов в ЦОС. При этом необходимо учитывать адаптивность – скорость и точность подстройки под изменения (индивидуальные сценарии).

Таким образом, для повышения эффективности АОС и качества ПР в образовательной среде необходимо обеспечение организации взаимодействия субъектов в ЦОС на всех уровнях, как основном – учебный процесс, так и обеспечивающем – административном взаимодействии подразделений (субъектов), повышения успеваемости в учебном процессе в условиях многопоточности и цифровизации.

К задачам по обеспечению эффективной АОС и качества ПР в ЦОС относятся:

1. Разработка модели информационных потоков для обеспечения качества принятия решений с реализацией АОС в ЦОС.
2. Установка соответствия технологических и интеллектуальных решений

с реализацией АОС.

3. Модификация архитектуры ЦОС для обеспечения функциональных возможностей реализации АОС.

4. Разработка в АОС индивидуальных сценариев взаимодействия субъектов с интеллектуализацией технологий в ЦОС в условиях многопоточности.

5. Обеспечение качества и эффективности принимаемых решений при взаимодействии субъектов в ЦОС с оценкой показателей как по основному учебному процессу, так и вспомогательному – административному взаимодействию.

Выводы по главе 1

В первой главе проведен анализ образовательного процесса на примере структуры высших учебных заведений, включающей рассмотрение организационных уровней, информационных процессов и потоков в ЦОС. Рассмотрено взаимодействие субъектов ЦОС с учетом нормативных документов, регламентирующих деятельность образовательных учреждений. Анализ позволил выявить противоречия, ключевые проблемы и определить направления, требующие интеллектуализации и автоматизации обратной связи.

Выполнен анализ применяемых архитектур и методов в АОС с описанием замкнутого цикла ЦОС. Приведено описание инструментов в информационных потоках и для принятия решений субъектами ЦОС.

К ключевым вопросам оптимизации информационных процессов относятся систематизация информационных потоков в ЦОС при реализации АОС и формированием персонализированных сценариев во взаимодействии.

Необходимо проанализировать вопросы организации обработки больших массивов данных, в связи с многопоточностью, которая подразумевает динамически накапливаемые и обновляемые данные с организацией хранения и обработки в виде баз знаний. Необходимо обратить внимание на технологии интеллектуальной обработки и аннотирования информации в процессе организации сценариев взаимодействия субъектов в образовательной среде.

Предложенный класс дисциплин служит входным набором данных для формирования базы знаний и методов интеллектуальной ППР, которые рассматриваются далее в исследовании с раскрытием элементов научной новизны по заявленным задачам.

Сформулированы противоречия между ИФП субъектов ЦОС и ИФВ обратной связи в интересах принятия решений с постановкой проблемы исследования и задачами для ее решения.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

2.1 Анализ компонентов онтологической модели информационных потоков в интересах принятия решений в цифровой образовательной среде

Современные трансформации высшего образования, обусловленные процессами цифровизации и переходом к компетентностной модели обучения приводят к существенным изменениям в организации учебного процесса. В условиях цифровизации образования возрастаёт потребность в формализованном описании и структурировании информационных потоков, обеспечивающих эффективное функционирование ЦОС.

На сегодняшний день реализуется Федеральный проект «Цифровая образовательная среда», направлен на создание и внедрение в образовательных организациях ЦОС, а также обеспечение реализации цифровой трансформации системы образования [113,174,125,193]. В работе [126,292,294] проанализированы преимущества ЦОС и вопросы непрерывного совершенствования системы образования, направленные на повышение качества образовательных услуг, реализуемых образовательными учреждениями.

Информационный процесс представляем в виде совокупности действий, направленных на получение, преобразование, интерпретацию, хранение, передачу и использование информации участниками образовательного процесса. Указанные действия обеспечивают функционирование как традиционного, так и цифрового образовательного пространства, создавая условия для реализации индивидуальных образовательных траекторий, адаптивного и компетентностного подходов.

Центральным элементом данных изменений являются информационные процессы, выступающие как средства, механизмы и формы организации, передачи, хранения, обработки и применения знаний в образовательной среде.

В образовательной деятельности можно выделить следующие ключевые виды информационных процессов:

1. Получение и интерпретация информации.
2. Передача и распространение информации.
3. Организация хранения.
4. Управление информацией.

Необходимо отметить, что информационный процесс отражает действия, осуществляемые с информацией, то есть обработка информации, а информационный поток движение информации между субъектами, точнее передача информации.

Анализ информационных потоков и взаимодействие субъектов в ЦОС привел к выводу о возможности описания семантической интерпретабельности, трассируемости и вероятностных схем представления принимаемых решений в виде онтологических моделей.

Анализ онтологических моделей в исследуемой области показал актуальные направления в описании потоков и маршрутов на уровне бизнес-процессов с типизацией сообщений [4,64,295]. Допускается рассмотрение моделей в виде потоковых графов с влиянием входов на выходы с классами зависимостей решений [24,37,77,120]. При этом типовыми сценариями выступают выбор действий в системах принятия решений или в виде графов объяснений решений для сценариев экспертных заключений, классами в таком варианте являются узлы, данные, схемы аргумента. Потоки представляются как графы аргументов (контрааргументов) [38,70,124,160]. Еще одним актуальным направлением онтологического представления являются машиночитаемые аннотации при аннотировании веб – ресурсов с типовыми сценариями корпусов обратной связи [109,131,274,275]. Допускаются и потоки в виде маршрутизации по рубрикам с привязкой аннотаций к словарям с нормализацией терминов и меток [42,56,110,152-155].

Таким образом, фрагментарные предложения и решения по онтологическому представлению информационных потоков присутствуют в

исследованиях, но необходимо отметить, что отсутствуют исследования в области не фрагментарного, а полноценного представления замкнутого цикла ЦОС с информационными потоками в интересах принятия решений субъектами ЦОС (вход – тип информационного потока – трассировка преобразований – воздействие – инструментарии потока и принимаемого решения – запуск обратной связи).

Примером информационных потоков в разрабатываемой онтологической модели являются:

1. Субъект N → СДО (платформа LMS) → Субъект M.
 2. Компоненты архитектуры ЦОС → Субъект M → аналитический модуль АИС ППР.
 3. Для категориальной пары «ППС – Студент»: ППС → АОС → студент.

К ключевым параметрам информационных потоков относятся источники

К ключевым параметрам информационных потоков относятся источники и приемники, каналы передачи, объем, скорость и тип передаваемой информации. В диссертационном исследовании рассматривается разнородность (мультимодальность) данных в АОС.

Реализацию взаимодействия участников без применения АОС в ЦОС можно представить следующим образом (рисунок 2.1).

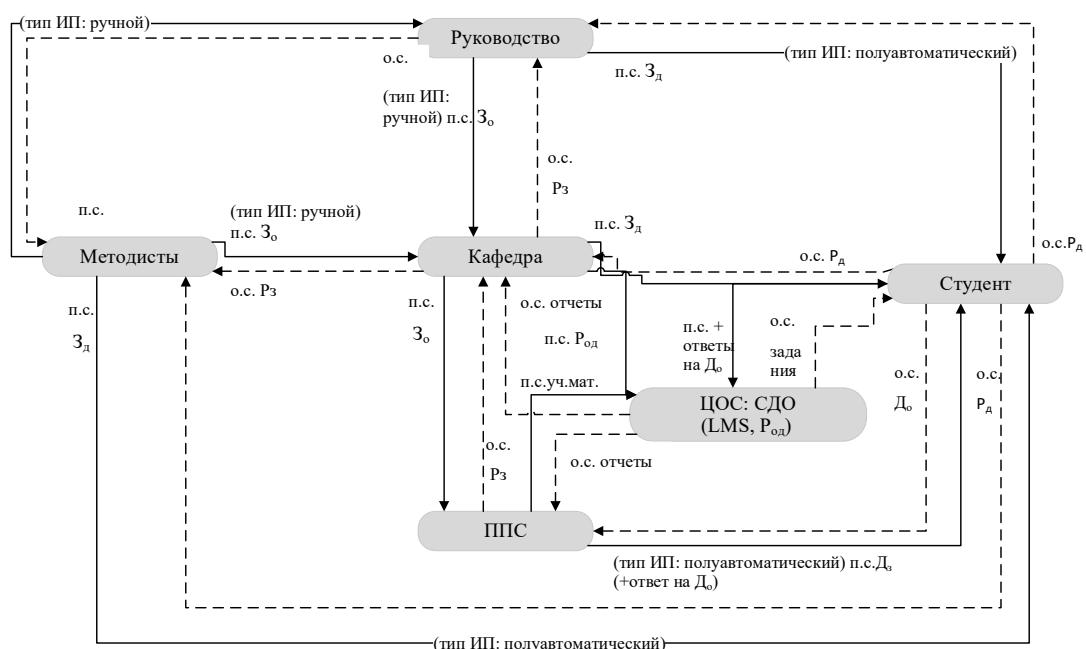


Рисунок 2.1 – Схема взаимодействия участников АОС и ЦОС

Обозначения/сокращения:

компонент ЦОС – СДО;

п.с. – прямая связь;

о.с. – обратная связь;

Род - рабочая область дисциплин в СДО;

Зо – запросы (отчеты по студенту, группе, профилю, дисциплине);

Рз – результат запроса;

ПР – принятие решений;

Зд – запрос на документы/информацию;

Рд – ответ на запросы по документам, информации;

Дз – задания по дисциплине;

До – ответы/решения по дисциплине;

ПР – явные ответы на выполненные задания, при обратной связи: оценка, комментарий. Уровень автоматизации полуавтоматический (через СДО только фиксация оценки). Неустойчивые связи: в ответах при взаимодействии ППС ↔ студент. В отчетах (обратной связи) только явная информация.

При этом информационные потоки с учетом АОС в ЦОС изменяют поток взаимодействия при передаче информации (рисунок 2.2).

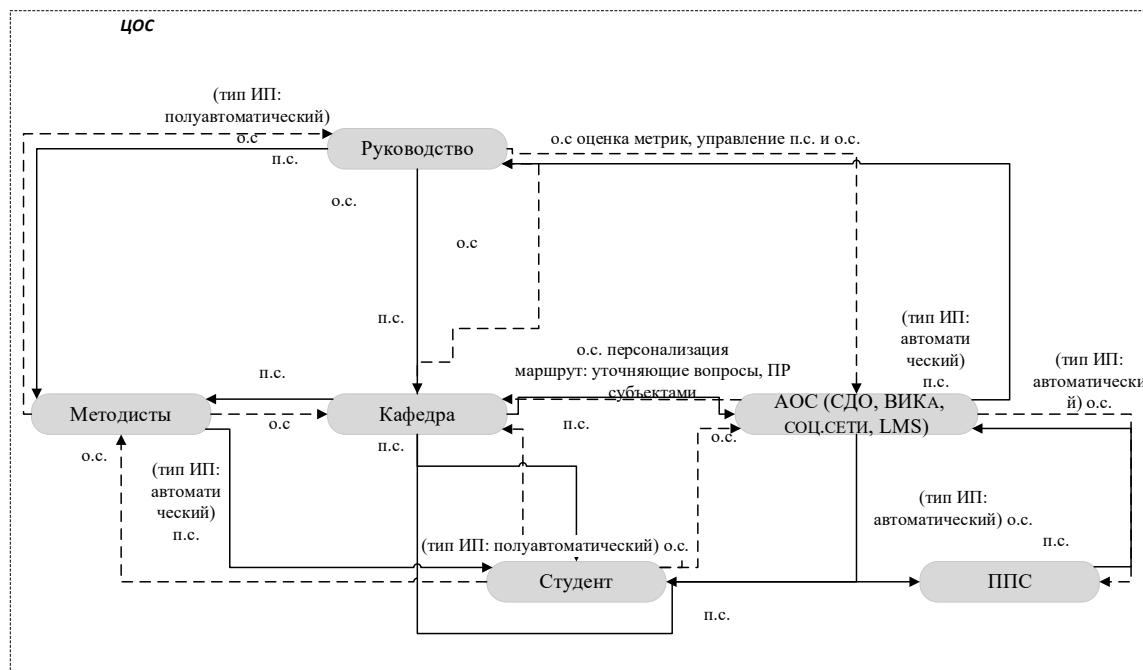


Рисунок 2.2 – Схема реализации АОС в ЦОС

ПР: Руководство: управление стратегией образовательного процесса на основе оценки метрик, введение. ППС, кафедра: ПР о корректировке курса, материалов, перераспределение учебной нагрузки ППС, разработка стратегии образовательного процесса, запуск дополнительных курсов по результатам из АОС для тем и разделов дисциплин с низкими показателями освоения учебных материалов. Студент: дополнительное изучение / материалы / задания / переход к следующему учебному блоку. Автоматизация: в персонализированном маршруте (сценарии взаимодействия) АОС: уточняющие задания, пояснения, не только прямое взаимодействие «выполнил – проверил».

Таким образом, ключевым отличием в организации взаимодействия субъектов и компонентов ЦОС с учетом структур до и после (рисунки 2.1 и 2.2) является тип информационных потоков с ручного на полуавтоматический (автоматический), анализ результатов при динамическом взаимодействии субъектов, дополнение компонентов в ЦОС и функционала для реализации АОС.

В онтологической модели рассматриваются как информационные процессы, так и информационные потоки, отвечающие за перемещение (передачу) информации.

Концептуальную основу разработки онтологической модели информационных потоков составляет совокупность представлений о структуре и процессах оценивания.

Цель формирования единого терминологического аппарата заключается в:

- унификации понятий и подходов в условиях цифровизации и многопоточности образовательного процесса;
- обеспечении методологической согласованности между участниками образовательного процесса (ППС, методистами, разработчиками цифровых платформ, студентами);
- интеграции новых оценочных практик с технологиями ИИ (АОС);
- структуризации информационных потоков в ЦОС;
- формализации системы, обеспечивающей переход от эмпирических практик к научно обоснованной модели оценивания и принятия решений.

Описываемая в исследовании онтологическая модель содержит:

1. Категории (сущности): метод оценивания, инструмент, цифровая среда, обратная связь, уровень усвоения, потоковая дисциплина.
2. Экземпляры: тест в СДО, адаптивный модуль обратной связи, ЕБТЗ, виртуальный ИК-помощник;
3. Отношения: «реализует», «поддерживается», «основан на», «направлен на», «зависит от», «интегрируется в».

Онтологическая модель включает следующие этапы:

- схематическое описание классов, экземпляров и отношений;
- дополненные компоненты в ЦОС;
- декомпозиция онтологической модели информационных процессов на примере оценивания знаний в ЦОС с описанием пререквизитов экземпляров классов.

Семантическую структуру с дополненными компонентами онтологической модели можно описать в табличном виде (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Семантическая структура онтологической модели

Класс	Подклассы/ Экземпляры класса	Связанные классы	Отношения	Дополненны е компоненты ЦОС
Информацион ный поток	Содержание, время, автоматизац ия	ЦОС (инструмент связи)	инициирует, использует инструмент	ВИКа, социальная сеть
Субъект	Студент, преподавател ь, руководство, методист, кафедра	Информацион ный поток, ЦОС (инструмент связи, инструмент ПР)	взаимодейств ует	ВИКа, социальная сеть

Продолжение таблицы 2.1

ЦОС	Инструменты АОС, СДО, метод интеллектуального анализа информации, сервисы вуза	Информационный поток, субъект, информационный процесс	используются	алгоритмы метода: классификации, запуска сценариев АОС, ВИКа, социальная сеть
Информационный процесс	СДО, сервисы вуза	Информационный поток Субъект ЦОС	взаимодействует	ЕБТЗ, ТИИ

Необходимо отметить, что информационные потоки отражены в виде связей (отношений) между классами онтологической модели при передаче данных и играют значимую роль при описании динамики взаимодействия.

В представленном описании классов модели и отношений присутствуют компоненты: ЦОС, система дистанционного обучения (СДО), ЕБТЗ, ТИИ, для проверки ответов в свободной форме, ВИКа (виртуальный информационно-коммуникационный ассистент), социальные сети [71,89,205,216,226].

Формализация потоков включает:

- описание типов данных (количественные, текстовые, семантические);
- определение маршрутов передачи и получения информации;
- стандартизацию форматов представления данных;
- внедрение инструментов предиктивного анализа и визуализации.

Механизмы обратной связи формируются через:

1. Прямую обратную связь.
2. Поведенческие данные (генерация вопросов/ответов: субъекты: студент – преподаватель).
3. Результаты промежуточного (итогового) оценивания каждого элемента учебного курса (автоматизированная проверка ответов в свободной форме, цифровое оценивание).

К используемым интеллектуальным инструментам формализации информационных потоков относятся:

- технологии обработки естественного языка для анализа ответов в свободной форме;
- семантический анализ для выявления латентных паттернов в обратной связи.

В описываемой структуре информационных потоков обратной связи используется вертикальный тип взаимодействия с циркуляцией информации между уровнями иерархии (нисходящая и восходящая).

Для формализации структуры информационных потоков (субъект – обратная связь) в ЦОС реализована онтологическая модель (Рисунок 2.3) [217-221,230].

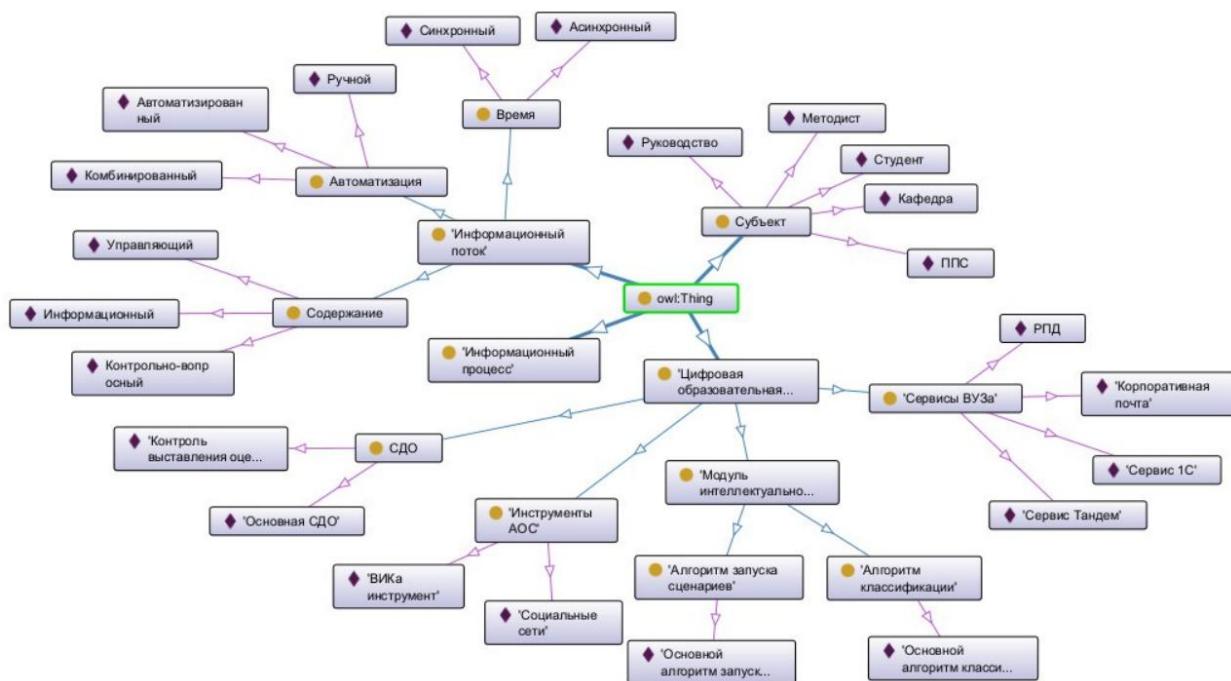


Рисунок 2.3 – Онтологическая модель информационных потоков в ЦОС

В рамках разработанной онтологической модели элементы ЦОС интерпретируются как функционально значимые компоненты структуры учебного процесса, а не как вспомогательные инструменты образовательной деятельности.

Каждый элемент ЦОС представляется в модели в виде отдельного

экземпляра класса с набором отношений. Такой подход позволит учитывать информационные потоки не только при взаимодействии участников, но и между цифровыми компонентами. Элементы ЦОС включаются в онтологическую структуру как активные участники процессов при взаимодействии с другими компонентами модели через формализованные отношения, что оказывает влияние на реализацию АОС.

Таким образом, ЦОС обеспечивает переход от инструментальной к процессно-ориентированной архитектуре цифрового обучения. Декомпозицию информационных потоков онтологической модели на примере оценивания знаний в ЦОС с описанием пререквизитов экземпляров классов можно представить в виде следующей схемы [64,225,323] (Рисунок 2.4).

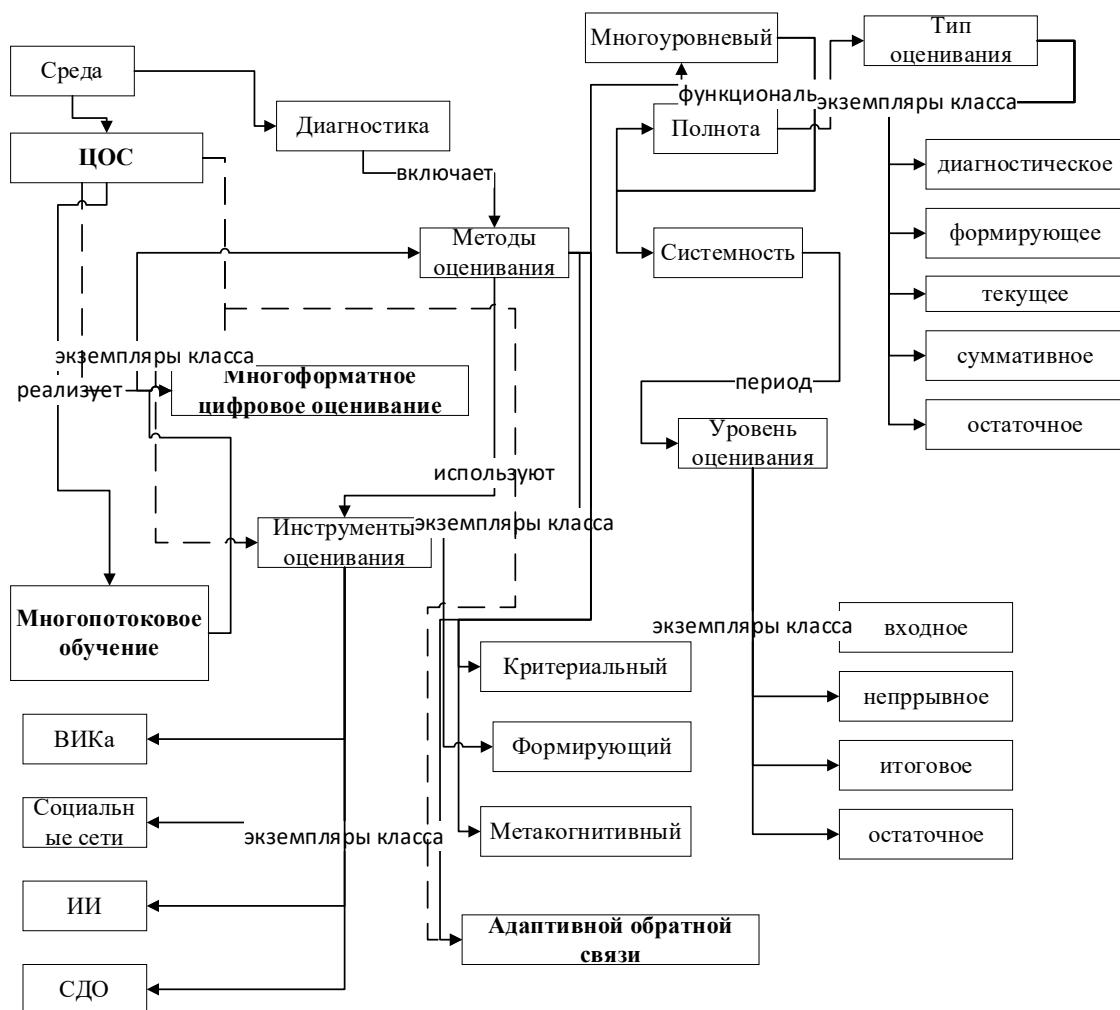


Рисунок 2.4 – Декомпозиция онтологической модели на примере процесса оценивания знаний

Для описания семантической структуры оценивания на основе онтологической модели информационных потоков, поясним основные термины, введенные в данном исследовании.

Алгоритм АОС – это последовательный, технологически реализуемый инструмент персонализированной оценки с оперативной коррекцией образовательной траектории на основе динамической обработки данных.

Многоформатное цифровое оценивание – это расширенный вид тестирования, при котором используются разнообразные типы заданий, включая автоматизированную проверку ответов в свободной форме, автоматизированная семантическая обработка естественного языка.

Понятие "многопотковые дисциплины" определяет контекст (массовость, цифровизация), который требует адаптации подходов. В этом контексте "многоформатное цифровое оценивание", рассматривается как способ, учитывающий разные виды заданий и технологий проверки, являющийся частью АОС.

Таким образом, каждое понятие уточняет, конкретизирует и усиливает предыдущее, образуя иерархически и логически связанную систему [229,324-328].

Вложенность связей между экземплярами классов через пререквизиты можно систематизировать следующим образом (Таблица 2.2):

Таблица 2.2 – Пререквизиты экземпляров классов онтологической модели

Источник (класс А)	Отношение	Цель (экземпляр класса Б)	Описание отношения	Уровень оценивания
Диагностич еское	требует	СДО	Анализ исходного уровня знаний	Входное
Формирую щее	требует	ВИКа, социальные сети	Реализация обратной связи	Непрерывное

Продолжение таблицы 2.2

Текущее	поддерживае тся	СДО	Изменение уровня знаний в процессе обучения	Непрерывное
Суммативно е	поддерживае тся	СДО, цифровое оценивание, адаптивный сценарий взаимодействия	ЦОС для обеспечения автоматизированно й проверки знаний	Итоговое
Остаточное	требует	СДО	В проверочных (диагностических) работах, как входное в других связанных дисциплинах	Остаточное

В АОС, являющейся компонентом онтологической модели необходимо учитывать:

- разделение заданий по уровням усвоения знаний, в оценивании должен учитываться не только верный ответ, но и способ решения, постоянный мониторинг и обратная связь с уточняющими комментариями;
- унификация заданий для единого банка заданий для АОС участников образовательного процесса;
- использование LMS с поддержкой адаптивных функций, наличие модуля аналитики для анализа результатов предиктивной обратной связи с интеграцией инструментов ИИ для генерации пояснений и частоты ответов.

Взаимодействие компонентов базовой архитектуры интеграции АОС можно представить следующим образом (Таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Компоненты базовой архитектуры интеграции

Компонент архитектуры	Описание структуры	Назначение
Система управления обучением	LMS: Moodle	Платформа для взаимодействия участников образовательного процесса

Продолжение таблицы 2.3

ЕБТЗ	Элемент ЦОС: СДО	Хранение заданий по каждому элементу учебной дисциплины реализуется в СДО
ТИИ	Предобученная модель GPT, NLP	ТИИ применяется на этапе формирования и автоматической проверки ответов в свободной форме. Учитывая значительный входной набор данных по предыдущему потоку, ошибка функции потерь минимальна, но для ППР субъект проверяет результат классификации ответа. NLP для анализа письменных ответов
ВИКа	Чат-бот	Оперативная поддержка субъектов по типовым запросам в адаптивных сценариях взаимодействия
Социальные сети	Telegram	Оперативная коммуникация и дискуссии в условиях потокового обучения

Таким образом, цифровые инструменты работают в едином контуре образовательной среды, реализуя непрерывный цикл оценки, анализа, обратной связи и коррекции:

1. ЕБТЗ предоставляет основу для вариативного и уровневого оценивания.
2. ТИИ интерпретируют результаты ответов студентов и индивидуальные траектории.
3. Обратная связь осуществляется через LMS, социальные сети и ВИКа.

Основная цель типа оценивания заключается в ответе на вопрос для чего оно выполняется:

- диагностический – определение исходного уровня знаний;
- формирующее – корректировка и обратная связь;
- текущее – изменение в ходе обучения;
- суммативное – подведение итогов;
- остаточное – долговременное усвоение.

В классе диагностика указываются уровни оценивания с представлением временной шкалы, т.е. когда оно проводится (рисунок 2.5).

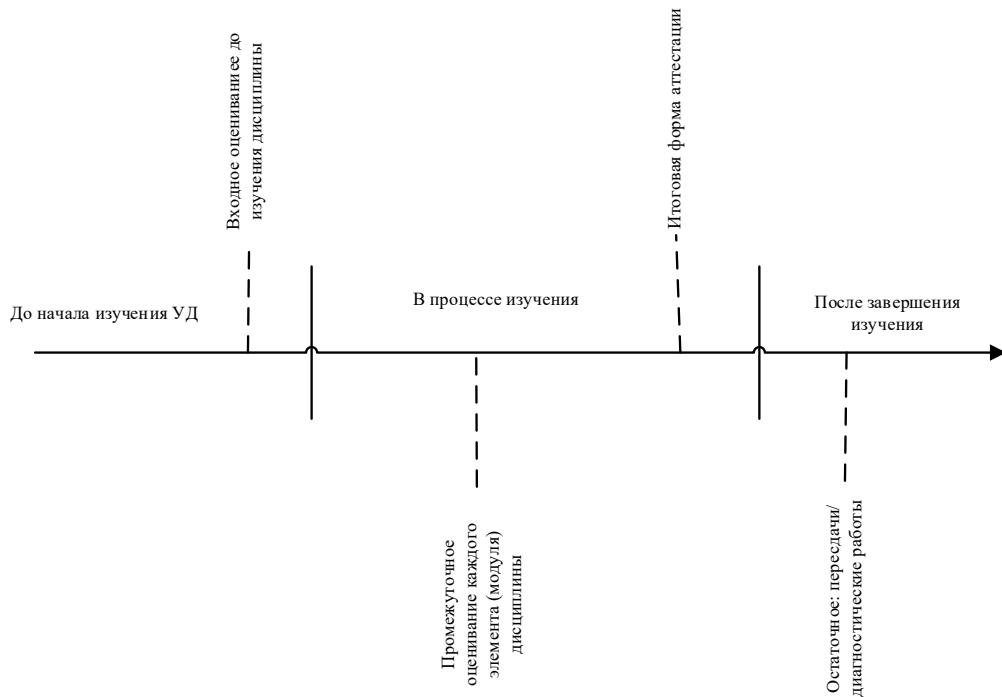


Рисунок 2.5 – Временная шкала по уровням оценивания ЗУВ

На представленном рисунке под ЗУВ подразумевается комплексная оценка на «знать», «уметь» и «владеть», то есть компетентностный подход. Стоит отметить, что и в уровнях, и в типе оценивания присутствует вид – остаточное оценивание, так как оно показывает и период проведения и для чего осуществляется.

Установлены отношения классов и инструментов в декомпозиции процесса оценивания знаний онтологической модели информационных потоков (класс – сущность (экземпляр класса) – экземпляр класса ЦОС):

Тип – диагностический – СДО;

Тип – формирующее – АОС, ВИКа, социальные сети;

Тип – текущее – АОС, сценарии взаимодействия, СДО;

Тип – суммативное – АОС, СДО.

Тип – остаточное – адаптивный сценарий взаимодействия, СДО.

К инструментам взаимодействия субъектов в диссертационном исследовании относятся: ЦОС, СДО, ЕБТЗ, АОС (ТИИ), ИИ (для проверки ответов в свободной форме), ВИКа, социальные сети (с помощью чего, т.е. чем

оцениваем).

Необходимо уточнение по категориальным парам. Описанный пример взаимодействия отражает основной процесс образовательной деятельности, но в типе информационного потока «информационный» и «управляющий» реализуется взаимодействие субъектов: методист, руководство, кафедра, которые для ПР используют результаты взаимодействия субъектов ППС и студент для ППР управляющего и информирующего характера в ЦОС.

2.2 Онтограф информационных потоков в цифровой образовательной среде

ЦОС представляет собой сложную, многокомпонентную систему, в которой информационные потоки инициируются и трансформируются в результате взаимодействия участников образовательного процесса и цифровых инструментов. Для обеспечения управляемости и осознанного проектирования информационных потоков применяется онтограф как формализованная визуально-семантическая модель, предназначенная для системной презентации субъектов, объектов, каналов и контекста информационного взаимодействия.

Ключевым компонентом в структуре онтографа является АОС, как ключевой элемент оценки, коррекции и развития образовательной траектории субъектов. Обратная связь в ЦОС носит мультимодальный, распределенный и адаптивный характер, что требует не только технической реализации, но и формального обоснования условий функционирования и смысловой интерпретации.

К необходимым условиям эффективной реализации обратной связи в рамках онтографа ЦОС относятся:

- идентификация субъектов взаимодействия;
- наличие формализованных критериев оценивания;

- технически обеспеченные каналы передачи данных;
- сбор и хранение следов взаимодействия;
- обеспечение мультимодального ввода данных.

Выполнение только необходимых условий не гарантирует полноты и эффективности реализации обратной связи. Достаточные условия включают:

- автоматизацию первичной обработки обратной связи с применением ИИ технологий с обработкой естественного языка;
- адаптивную маршрутизацию откликов и рекомендаций;
- учет контекста предыдущей активности субъекта;
- обеспечение интерактивности канала обратной связи;
- наличие механизма рефлексивного анализа со стороны участников.

Таким образом, в онтографе фиксируется не только направление и форма передачи информации, но и уровень семантической направленности и полноты образовательного взаимодействия.

В условиях ЦОС данные передаются в различных модальностях: текст, голос, изображения, видеозаписи, интерактивные действия. Такая мультимодальность требует не только технической совместимости, но и семантической обработки, в которой ключевую роль играют инструменты ИИ.

ИИ – компоненты интегрируются в онтограф в качестве активных агентов, участвующих в интерпретации ответов в свободной форме, анализе голосовых сообщений, распознавании объектов в визуальных данных, построении индивидуальных траекторий, прогнозировании академических рисков.

Таким образом, ИИ в онтографе является не внешним дополнением, а полноценным компонентом ЦОС, реализующим функции автоматизированного фильтра, интерпретатора и навигатора в рамках обратной связи. Необходимо отметить, что интеллектуализация является ключевым направлением области исследования, но ее реализация сопровождается технологизацией рассматриваемого процесса, что тоже находит отражение в связях онтографа.

К решаемым задачам онтографа относятся:

- структуризация образовательного взаимодействия (отражение ролей,

каналов, точек входа и выхода информации);

- определение узких мест (выявление перегруженных или неэффективных участков);

- формализация и маршрутизация обратной связи (автоматическое направление откликов и рекомендаций объектам);

- интеграция ИИ-инструментов (локализация мест подключения интеллектуальных агентов анализа и оценки);

- мониторинг и аналитика (построение дашбордов, метрик, предсказательных моделей);

- обеспечение адаптивности (основа для принятия решений по корректировке учебных траекторий).

Онтограф не только репрезентует текущие информационные потоки, но и является инструментом ППР на всех уровнях ЦОС.

1. На уровне обучающегося. Выбор формата задания, получение индивидуальных рекомендаций, уровня сложности и количество заданий, определение индивидуальной (персонализированной) траектории.

2. На уровне ППС. Корректировка методов и подходов подачи материала, стратегий оценивания. Объективное оценивание с повышением обоснованности.

3. На уровне руководства. Принятие решений по модификации курсов, профилей подготовки, перераспределение нагрузки, оптимизации цифровой инфраструктуры, разработка стратегии образовательного процесса, запуск дополнительных курсов по результатам из АОС для тем и разделов дисциплин с низкими показателями освоения учебных материалов. Оценивание образовательного процесса по учебной, научной, методической составляющей.

4. На уровне информационной системы. Автоматическое принятие решений на основе ИИ и накопленных цифровых следов.

Ключевым в задачах принятия решений в ЦОС вне зависимости от уровня является оценивание, а именно знаний, принятых решений, соответствия качества процессов на всех этапах и уровнях. Необходимо не только организовать оценивание, принятия решений, но и учитывать точность и

качество оценивания. Онтологическая модель позволит осуществлять адаптивное взаимодействие за счет структурированных потоков, неразрывных и целостных связей экземпляров классов в условиях многопоточности и цифровизации [127,151].

Онтограф построенный на основе экземпляров классов из онтологической модели выступает основой для интеллектуализации и технологизации в ЦОС, визуализирует взаимосвязь вершин (узлов) ЦОС, необходимой для организации АОС в условиях многопоточности и цифровизации (рисунок 2.6).

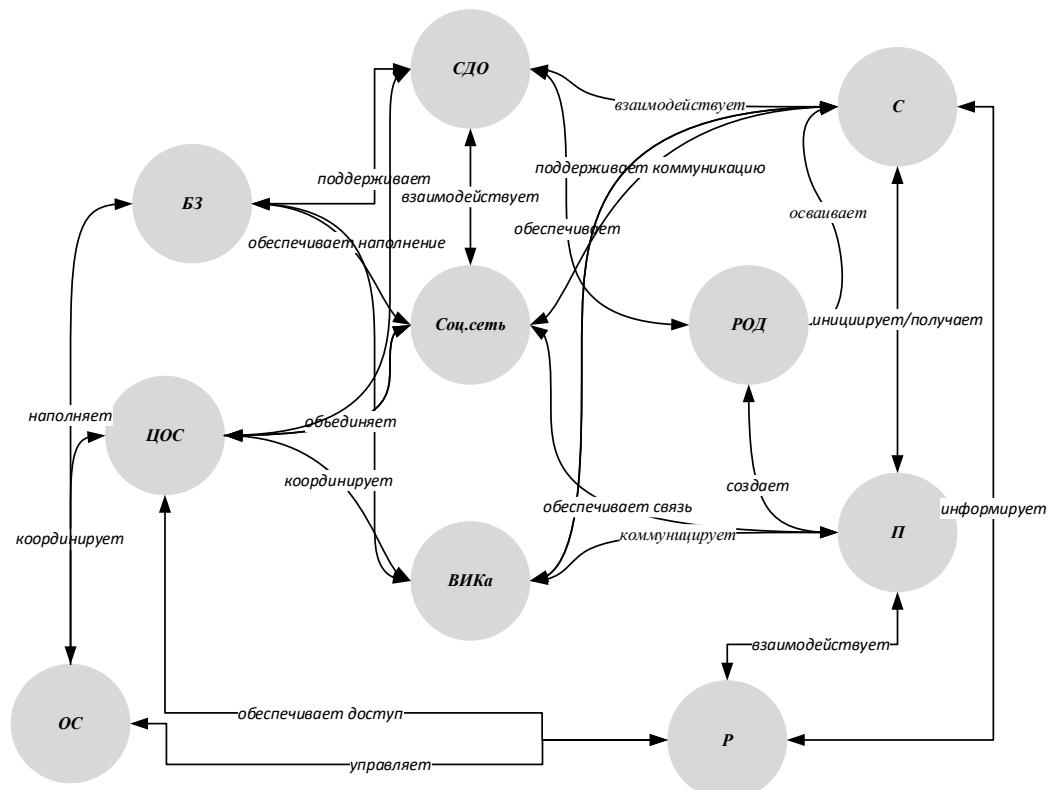


Рисунок 2.6 – Схема онтографа онтологической модели

Условные обозначения онтографа:

Участники:

- С – студент;
 - П – ППС;
 - Р – руководство, кафедра.

Среды:

- ОС – образовательная среда;

- ЦОС;

Компоненты, реализующие обратную связь:

- БЗ – база знаний;

- ВИКа – бот, виртуальный информационно-коммуникационный

ассистент;

- СДО – встроенный компонент ЦОС;

- Род – рабочая область дисциплины (встроенный компонент СДО).

Базу знаний определяет семантическая интерпретация сценариев на основе стохастической модели в виде онтографа и алгоритма, описывающего замкнутый цикл обратной связи, а также эталонные сценарии АОС при реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации. Связи двунаправленные так как при передаче информационных потоков один элемент изначально инициирует, другой передает, но в зависимости от условий АОС роли меняются.

Показатель адаптивность взаимодействия отражает способность ЦОС реагировать на поведение пользователей, подстраивая содержание, форму и темп информационного взаимодействия, особо значим в условиях многопоточности и цифровизации. Характеризуется индивидуальным маршрутом (количество участников, прошедших персонализированную траекторию), количество адаптивных решений (число изменений маршрута системой), своевременно предоставленная помощь (процент случаев своевременной обратной связи), снижение времени на повторное прохождение после адаптивной корректировки).

Определяется числом логов событий, истории траекторий, фиксацией триггеров для адаптации, корреляция между адаптивными результатами участников, автоматизированный сбор обратной связи по действиям системы.

Онтограф фиксирует не только статичное прохождение информации, но и динамику откликов и адаптаций. Реализуется через:

- маркировку потоков по исходу (завершено/требует адаптации/прервано и т.д.);

- ветвление сценариев на основе ответов ИИ;
- обратные петли корректировки (инициировано системой);
- связь цифровых следов с типами рекомендаций (персонализированная логика маршрута).

Итоговые значения показателей описываются в пятой главе диссертации с анализом результатов и описанием этапов взаимодействия в ЦОС.

АОС, реализуется в модуле АИС ППР. В обобщенном представлении обратная связь представляет собой механизм, при котором выходная информация связана и оказывает влияние на входную, при этом в контексте ЦОС это механизм, при котором осуществляется автоматический анализ выходных данных. Необходимо уточнение относительно участников ЦОС, в исследовании при описании взаимодействия в АОС они относятся как к субъектам, так как реализуют управленческие функции (выбор решений), так и субъектами при анализе поведенческих данных, принятых решений. Далее по тексту исследования участников описываем как субъектов.

Необходимо уточнение по внешней среде исследования. Она не входит напрямую в описание этапов автомата замкнутого цикла АОС, но задает ограничения и параметры (нормативные требования, технические ограничения, ресурсы системы). Таким образом, внешняя среда в ЦОС – это цифровая инфраструктура (LMS, модифицированная архитектура, БД), социально-организационный контекст (нормативные регламенты, политика образовательного учреждения), то есть внешняя среда – надсистема, задающая граничные условия функционирования автомата.

В исследовании для динамического взаимодействия в условиях многопоточности к механизму реализации сценария АОС с замкнутым циклом реализован метод интеллектуального анализа обратной связи с алгоритмами, включающими аналитическую обработку данных и генеративный слой с архитектурами нейронных сетей. Функция обратной связи, задающая направление изменения знаний и взаимодействия субъектов в ЦОС, реализуется за счет многокритериальной и стохастической моделей.

Замкнутость цикла → обратная связь замыкает отклонение и восстанавливает траекторию → система сходится к необходимому вектору состояний. В М входят модули: { M_{ao} – модуль АОС, M_{mo} – модуль цифрового оценивания, M_{ad} – модуль аналитической обработки взаимодействия субъектов}.

Алгоритм реализации замкнутого цикла в АОС с покрытием вариантов взаимодействия представлен на рисунке 2.7.

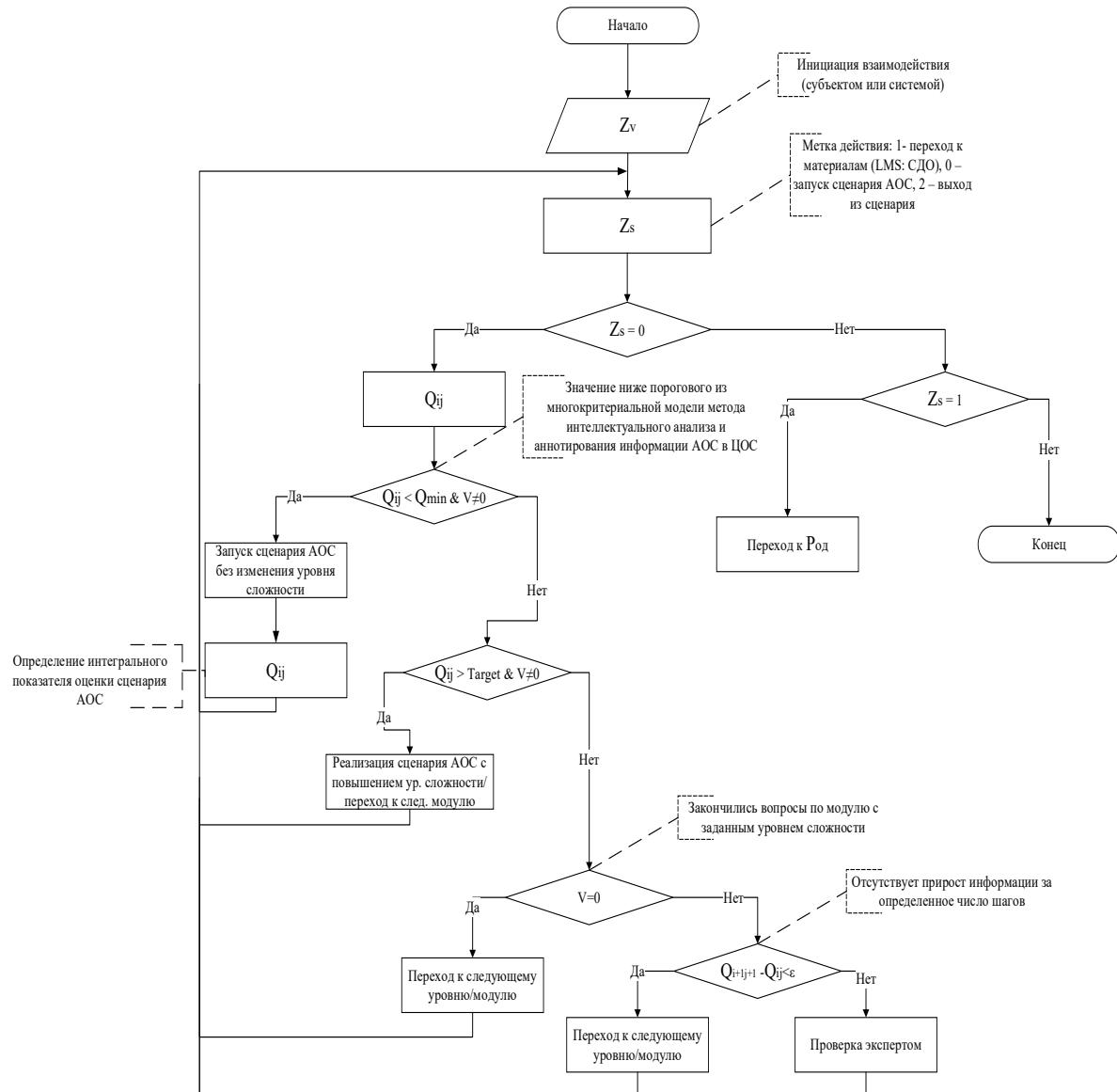


Рисунок 2.7 – Алгоритм замкнутого цикла АОС в ЦОС

В алгоритме описаны варианты состояний реализуемые в сценариях АОС. Переходы осуществляются по значению интегрального показателя оценки результатов взаимодействия в замкнутом цикле, описание приводится в методе

интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС.

Варианты ПР в сценариях АОС замкнутого цикла:

- переход к следующему уровню сложности в учебном модуле;
- повтор серии вопросов без изменения уровня сложности;
- переход к следующему/предыдущему учебному модулю;
- завершение сценария выбор субъектом или системой.

Показатель полноты, в оценке свойства системы, при котором для любого входного воздействия существует реакция (обратная связь) примеры состояний, входов, функций переходов и множества целевых состояний с оцениванием полноты в контексте критерия качества принятия решений приводятся в пятой главе диссертации при описании модулей АИС ППР. На каждой итерации цикла реализуется сбор логов активности, анализ ошибок (NLP, классификаторы), семантическая интерпретация ответа и изменение параметров следующего шага. В обратной связи допускается асимптотическая стабилизация ошибки, что является ключевым отличием от открытых систем. При этом обратная связь содержит обработку естественного языка, онтологическую маршрутизацию и сценарий взаимодействия субъектов. Обратные связи необходимы для обеспечения контура семантической интерпретации и динамического управления параметрами системы. Достаточны в случае встроенных вычислительных процессов с изменением уровня сложности и траектории [65,97,136].

Таким образом, структурно элементы обратной связи с описанием содержательной составляющей и инструментами представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 –Элементы обратной связи

Компонент	Действия	Описание
Поток ошибок	Передача данных в модуль диагностики и маршрутизации	В традиционной форме взаимодействия не применяются, формализовано семантическое представление ошибок

Продолжение таблицы 2.4

Структура маршрута	Динамическая настройка в режиме реальной обработки	В отличии от шаблонных путей применяются весовые коэффициенты и параметры когнитивного уровня сложности
Формат данных	Векторное представление и аннотация	Реализуется не балльный тип оценивания, а сочетание смысловых признаков и поведенческих паттернов
Адаптация	Гибридная структура с архитектурами нейронных сетей в АОС	Оценка сценариев взаимодействия при интеллектуальном сопровождении в АОС

Описание связей на примере двустороннего взаимодействия субъектов при АОС в виде: связь – описание – тип информации – способ обработки – обратное (ответное) действие – описание по реализации (таблица 2.5).

Таблица 2.5 –Описание реализации АОС с описанием способов обработки информации

Связь	Описание	Тип информации	Способ обработки	Ответное действие	Дополнение в реализации
Обучающийся – АОС	Обработка результатов по времени ответа с оценочными суждениями и обратной связью, а также повторные попытки. Автоматизация обратной связи, самопроверка с мгновенной визуализацией как промежуточных, так и итоговых результатов	Смысловые маркеры, поведение в системе, ответы пользователей, персонализированная обратная связь	NLP – анализ, временные параметры, онтология компонентов, генерация с учетом ошибок и уровней сложности	Формирование цифрового следа, комментарии, запуск сценария взаимодействия	Учитывается смысловая нагрузка с ошибками, в отличии от традиционных решений дополнено уровневой интерпретацией ошибок
ППС – АОС	Рассматривается когнитивный профиль, зоны риска, рекомендации	Диагностика с определением уровня усвоения	Интеллектуальный анализ, визуализация	Рекомендации, корректировка учебных материалов	Дополнено адаптивной аналитикой

Таким образом, зависимость между ПР и АОС можно описать следующими этапами:

- обратная связь является источником для ПР;
- АОС формирует информационный поток, сформированные данные являются входными параметрами для АОС;
- модуль ПР (стохастический и многокритериальный) сопоставляет входные данные с правилами модели;
- выход ПР как новая обратная связь.

Установлена зависимость между показателями качества и эффективности ПР. Качество принятия решений: характеристика, отражающая степень соответствия принимаемых решений требованиям полноты, точности, логической целостности. Определяется как совокупность показателей K^{\uparrow} : (C^{\uparrow} - согласованность, I^{\uparrow} - интерпретируемость, T^{\uparrow} - точность, P^{\uparrow} - полнота).

Эффективность - характеристика, отражающая насколько своевременно и адаптивно информация, полученная от участников ЦОС, используется для принятия решений: (O^{\uparrow} , Rez^{\uparrow} - результативность, Rec^{\uparrow} - ресурсоэкономичность).

Точность: отношение верных/корректных решений ко всем. Интерпретируемость: обоснованность решений, оценка субъектов по реализации сценариев в АОС. Согласованность: процент совпадения сценариев и успешных адаптаций, конфликтных решений. Полнота: покрытие всех сценариев в АОС. Оперативность: время отклика системы от получения данных до ПР. Ресурсоэкономичность: число временных и вычислительных ресурсов. Результативность: процент успешных сценариев, снижение числа ошибок при ПР.

Показатель ресурсоэкономичности при реализации обратной связи за счет структурированных потоков, неразрывных и целостных связей экземпляров классов в условиях многопоточности и цифровизации в замкнутом цикле ЦОС содержит характеристики поиск (семантические ключи), вычисления (структурные потоки), передача (минимальные срезы графа). Обобщением показателя является среднее число запросов, объем ответа, средняя

глубина поиска. В пятой главе исследования приведены результаты расчета показателя ресурсоэкономичности с учетом АИС ППР со средним объемом оперативной памяти, операциями ввода/вывода, переданных по сети данных, числу обращений к БД за один цикл с интегральным показателем ресурсоемкости.

2.3 Методология эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде

Современные цифровые образовательные среды характеризуются повышенными требованиями к качеству, эффективности и адаптивности взаимодействия участников образовательного процесса. Высокая сложность, многоуровневость и вариативность информационных потоков обуславливает необходимость формализации процессов регулирования, в том числе через механизмы ППР. В этой связи методология, основанная на идентификации дерева решений при реализации обратной связи, с оценочными критериями, реакциями (поведением) пользователей, методологическими и техническими решениями позволит повысить эффективность взаимодействия субъектов в замкнутом цикле ЦОС.

Анализ технологических решений по формированию эффективной обратной связи субъектов показал, что данное направление действительно является актуальным и размараивается не только в образовательной среде, но применим и необходим и в других предметных областях. Образовательная среда является сложно формализуемым процессом в контексте реализации обратной связи с непрогнозируемыми сценариями при взаимодействии.

Существуют локальные решения и исследования по сопровождению в оценивании знаний, последовательности ответов с динамическим выбором вопросов по информативности [141-142,281]. В задачах классификации и обработки естественного языка осуществляется нормализация и категоризация сообщений с encoder – архитектурой, GPT, GigaChat [32,297-301]. Ряд

исследований затрагивают вопросы формирования рекомендательных систем по персонализированным траекториям при генерации обратной связи.

Таким образом, анализ исследований реализации эффективной обратной связи показал, что локальные, фрагментарные решения и предложения актуальны, но не в контексте замкнутого контура, учитывающего типы информационных потоков, инструментария для реализации адаптивного взаимодействия и для принятия решений без разделения на типы принимаемых решений и критериев остановки цикла с аналитическим модулем оценки принимаемых решений и анализа сценария взаимодействия субъектов.

Рассматриваемая в исследовании методология переводит набор разрозненных модулей и фрагментарных решений (прогноз, оптимизация, текстовый анализ, генерация) в управляемую, воспроизводимую и объяснимую технологическую систему обратной связи с онтологически зафиксированным замыканием цикла с учетом гибридной архитектуры и модифицированной ЦОС для реализации адаптивного сопровождения при взаимодействии субъектов в сценариях обратной связи с аналитическим модулем (стохастической и многокритериальной моделями) анализа принимаемых решений в АИС ППР (гибридная архитектура с интеллектуальными модулями на каждом этапе АОС).

Интеллектуальные инструменты, входящие в состав технологических и методологических решений через адаптивность, позволяют повысить эффективность обратной связи.

Таким образом, связь инструментов с результатами можно представить как: интеллектуализация → адаптивность → эффективность.

Сложность, многоуровневость и вариативность информационных потоков обуславливают необходимость формализации процессов их регулирования, в том числе посредством механизмов ППР. Классифицировать информационные потоки в ЦОС можно по следующим направлениям [14,138,189]:

- по времени передачи: синхронный способ передачи – в режиме реального времени, асинхронная передача – отложенная передача (прием и передача отложены во времени);

- по автоматизации: автоматизированная передача – с минимальным участием субъекта (инициирует передачу), автоматические – полностью без участия субъекта, ручные – передаются субъектом;
- по содержанию: информационные (передача информации, рассылка), управляющие (распоряжения, команды, алгоритм действия), контрольно-вопросные – запрос сведений для инициации обратной связи).

На сегодняшний день взаимодействие субъектов в ЦОС носит фрагментарный характер и проявляется на отдельных этапах учебного процесса, таких как передача информации или фиксация результатов оценивания знаний. При анализе информационных потоков четко прослеживается задержка при передаче сообщений (взаимодействия) при прямой и обратной связи, так как преобладает асинхронный тип. Отсутствует адаптивность при взаимодействии, так как передача информации осуществляется по разным каналам, и отсутствует центральная аналитика, то есть разрозненные данные, циркулирующие в ЦОС.

Рассмотрим, как реализуется принятие решений на текущий момент с учетом информационных потоков, вариативности типов инструментов и принятий решений в зависимости от субъектов инициаторов и получателей (рисунок 2.8).

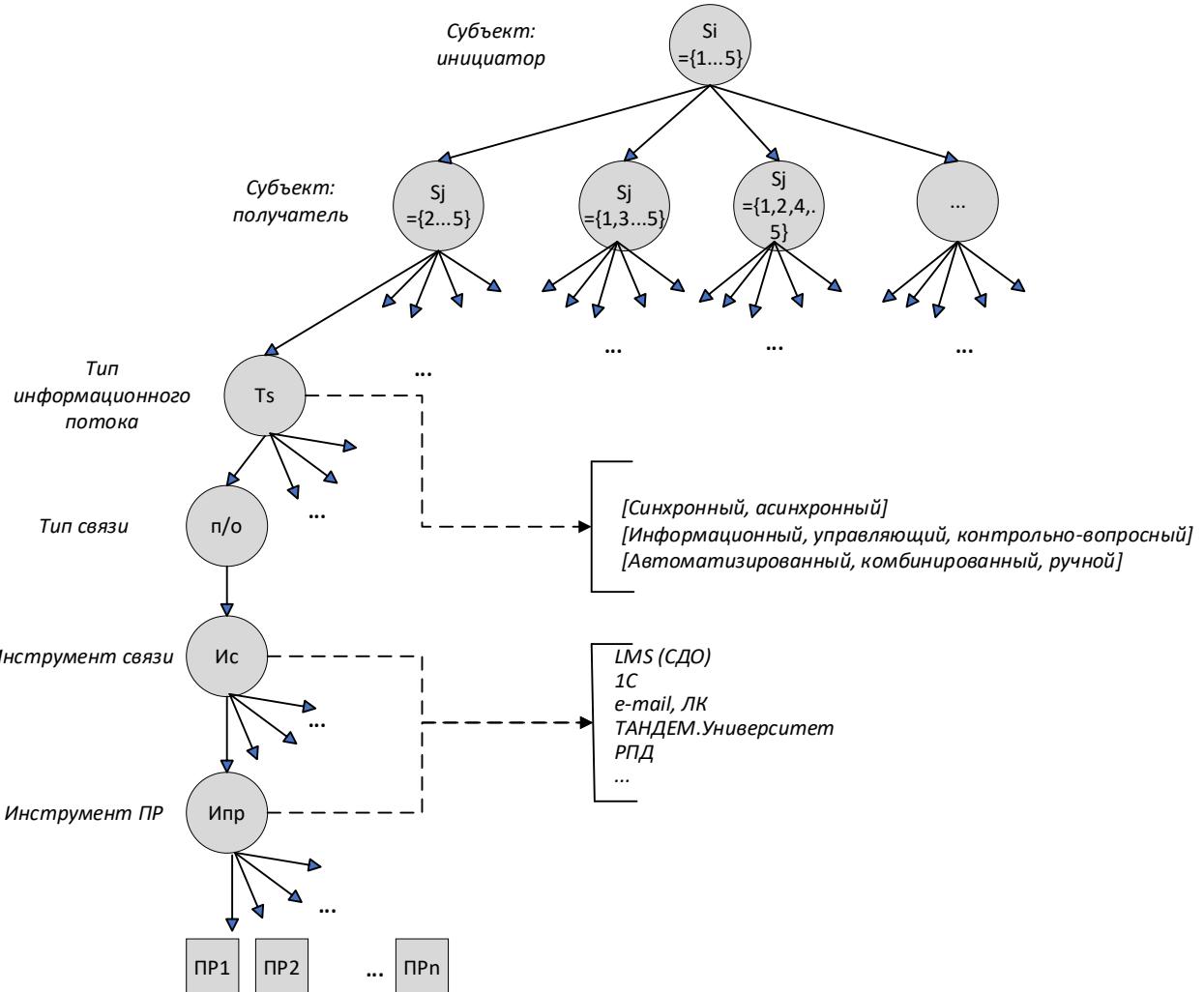


Рисунок 2.8 – Дерево решений взаимодействия субъектов образовательной среды

При описании вариантов принятия решений при взаимодействии субъектов были выявлены недостатки в организации взаимодействия при принятии решений. Систематизируем ключевые моменты: отсутствие систематизации, слабо структурированные связи, потеря информации при взаимодействии из-за разнородности и многообразия несистематизированных программных сред и приложений или же аналоговые формы взаимодействия, отсутствие динамического взаимодействия с автоматизированной адаптацией.

При анализе ЦОС и взаимодействия участников было описано, что рассмотрены информационные потоки участников, но ключевым и сложно формализуемым взаимодействием со всеми типами информационных потоков, отношений, инструментов потока и инструментов для принятия решений

является категориальная пара «преподаватель – студент». При рассмотрении данной формы организации взаимодействия субъектов в ЦОС четко прослеживаются недостатки, а именно отсутствие систематизации, слабо структурированные связи, потеря информации при взаимодействии из-за разнородности и многообразия несистематизированных программных сред и приложений или же аналоговые формы взаимодействия, отсутствие динамического взаимодействия с автоматизированной адаптацией.

В методологии в предлагаемых типах принятия решений не учитывается принцип классификации по уровню ПР в связи с тем, что возможны все варианты (стратегический, тактический, оперативный) и по источнику информации для ПР, так как учитывается их вариативность. Принципом классификации ПР является способ обработки информации: субъектно-центрированный, то есть ПР субъектом при взаимодействии в ЦОС и гибридно-адаптивный, совместное ПР при АОС с использованием методов интеллектуальной обработки данных, включающих реакцию субъекта при взаимодействии в замкнутом цикле ЦОС.

Ключевым и сложно формализуемым взаимодействием субъектов со всеми типами информационных потоков, отношений, инструментов потока и ПР является категориальная пара «преподаватель – студент». Декомпозиция взаимодействия субъектов при АОС далее рассматривается на указанной категориальной паре, в которой в динамике осуществляется изменение направлений: инициатор – получатель и, наоборот получатель – инициатор. В отношении других субъектов элементы методологии, также применимы для ППР, а результаты анализа указанной категориальной пары могут использоваться в ЦОС, при этом взаимодействие между субъектами не исключается.

Методология с АОС будет способствовать повышению обоснованности и точности принимаемых решений за счет установления соответствия критериев оценки АОС с технологизации и интеллектуализации при взаимодействии субъектов в ЦОС. Взаимодействие субъектов в замкнутом цикле ЦОС, направленное на реализацию эффективной АОС, можно представить в виде

последовательности этапов: инициация типа потока (информационный, контрольно-вопросный или управляющий), далее – с учетом переданной информации и запроса по типу информационного потока – выбор соответствующего типа решения (гибридно-адаптивный, субъектно-центрированный). Дерево решений рассматривается в виде структурной модели, с замкнутым циклом взаимодействия субъектов в ЦОС, позволяющим описать возможные варианты сценариев и адаптивной реакции системы.

При генерации АОС осуществляется выявление паттернов, выбор маршрутов взаимодействия в режиме реального времени с трансформацией типов информационных потоков: асинхронный – синхронный, контрольно-вопросный – информационный (рисунок 2.9).

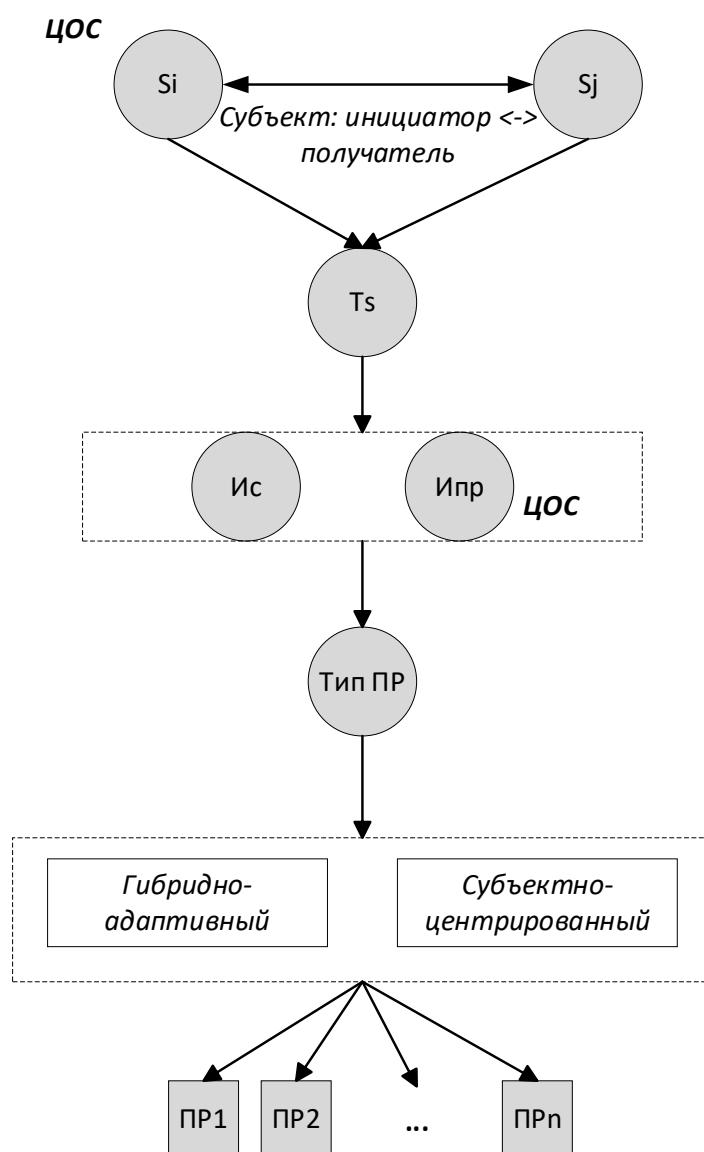


Рисунок 2.9 – Схема информационных потоков при АОС в ЦОС

Гибридно-адаптивный тип ПР включает методологические и технические решения реализации АОС субъектов с персонализированным построением сценариев, изменяющих свою траекторию исходя из ПР в процессе взаимодействия в ЦОС (на примере категориальной пары «студент (С) – преподаватель (ППС)», С: определение уровня сложности заданий, переход к изучению следующего модуля, возврат к повторному изучению, уточняющие вопросы (консультация), ППС: корректировка курса или модулей, актуализация содержания, повторение тем на занятии и/или отдельных вопросов по содержанию). Субъектно-центрированный тип взаимодействия косвенно связан с результатами адаптивного взаимодействия субъектов в ЦОС для поддержки ПР, поскольку в нем опосредованно используются данные, полученные в ходе гибридно-адаптивного взаимодействия, то есть интегрированные информационные артефакты, формирующиеся на основе совмещения автоматизированных и экспертных механизмов обработки в рамках ЦОС [208, 219, 220].

Таким образом, предлагаемая трансформация и новый взгляд на дерево решений эффективной обратной связи с замкнутым циклом в ЦОС является динамической системой обмена информацией и принятием решений с технологиями, и методологией реализации АОС.

Для реализации АОС методологическими решениями являются онтологическая модель для вариативности типизации оценивания и взаимодействия в учебном процессе и метод интеллектуальной обработки для классификации субъектов по необходимости в обратной связи с автоматическим семантическим анализом ответов в свободной форме. К технологическим решениям для реализации замкнутого цикла в одном канале относятся модифицированная архитектура ЦОС и АИС ППР, являющаяся динамической системой обмена информацией и принятия решений.

В условиях ЦОС дерево решений выступает в роли когнитивной карты, отображающей выбор путей взаимодействия на основе входных данных, параметров и состояний участников образовательного процесса.

Критерии оценки реализации обратной связи в предлагаемой методологии приведены в таблице 2.6.

Необходимо дополнение по показателям качества: согласованность и интерпретируемость по связи с обоснованностью принимаемых решений. Согласованные решения системы повышают доверие к корректности, то есть согласованность является аргументом, усиливающим обоснованность решения. При этом, чем прозрачнее и понятнее объясняется решение, а именно верифицированное решение повышает обоснованность. Таким образом, согласованность и интерпретируемость формируют условия и дополнительное подтверждение обоснованности, являясь при этом объединяющими показателями обоснованности.

Таблица 2.6 –Критерии оценки дерева решений АОС

Критерий	Показатели	Описание показателя	Описание критерия оценки
Качество (K↑)	C↑(O) – согласованность (обоснованность)	Совпадение сценариев, успешные адаптации, конфликтные решения	% совпадения сценариев, успешных адаптаций
	Π↑	Покрытие всех вариантов взаимодействия в сценарии	Критерии выхода из сценария АОС
	I↑ (O) – интерпретируемость (обоснованность)	Своевременность, информативность, доступность,	экспертное оценивание, цифровой след

Продолжение таблицы 2.6

	T↑ - точность	отношение верных/корректных решений по отношению ко всем	[0,1]
Эффективность (Э↑)	P _{ec} ↑ ресурсоэкономичность	- среднее процессорное время на один цикл обратной связи, средний объем оперативной памяти на один цикл, объем операций ввода/вывода, интегральный показатель ресурсоемкости	% операций в ЦОС, времени на реализацию обратной связи
	P _{ez} ↑ результативность	- цифровая эффективность, снижение числа ошибок при ПР	% успешных (завершенных) сценариев
	O↑ оперативность	- время отклика системы от получения данных до ПР	Время отклика интерфейса, доступность сервисов, время реакции на прямую связь, время получения обратной связи, уровень выполнения

Процесс построения дерева решений обратной связи в ЦОС базируется на следующих этапах:

1. Семантический анализ цифрового следа участников образовательного процесса.
2. Аннотирование информационных объектов.
3. Установление соответствия между действиями и реакциями системы.
4. Интеграция критериев оценки обратной связи (качество, эффективность).

5. Формализация маршрутов и вариативности обратной связи.

Далее графически представлено дерево критериев оценки обратной связи (рисунок 2.10).

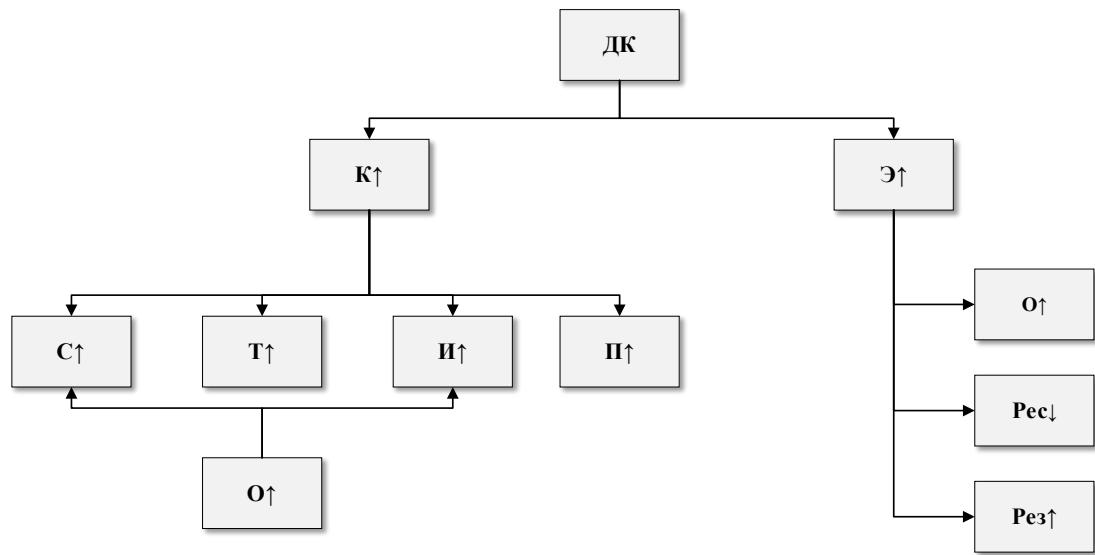


Рисунок 2.10 – Дерево критериев оценки АОС

Рассматриваемая методология служит основой для АИС ППР. Дерево решений является частью базы знаний, обеспечивающей обоснованность и адаптивность каждого элемента обратной связи при взаимодействии участников ЦОС.

Методологическими и технологическими средствами реализации АОС в ЦОС являются:

1. Онтологическая модель информационных потоков в интересах принятия решений в ЦОС.
2. Методология эффективной обратной связи в ЦОС.
3. Модифицированная архитектура ЦОС.
4. Метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС.
5. АИС ППР в ЦОС.

Отсутствие формализованного описания сущностей, описывающих взаимодействие участников в образовательном процессе и фрагментарное применение элементов ЦОС зачастую несогласованных между собой ведет к

неэффективной передаче информационных потоков, возможной потере информации при взаимодействии участников. В связи с неструктурированным описанием информационных потоков отсутствует возможность согласованного взаимодействия и реализации обратной связи участников ЦОС. Также к ограничению полноценного, своевременного и эффективного взаимодействия относится отсутствие единого терминологического аппарата с учетом специфики предметной области.

Информационные потоки в онтологической модели позволяют осуществить:

1. Унификацию и интероперабельность информационных потоков и компонентов.
2. Повышение согласованности при разработке цифровых сервисов.
3. Формирование основы для построения систем ППР в ЦОС.

В свою очередь применение ЦОС зачастую организовано фрагментарно не в полноценной образовательной среде без учета потенциала и функциональных возможностей. Также не охватываются вспомогательные процессы такие как аналитика, поддержка участников ЦОС, служебный документооборот и цифровой след. Отсутствует модульность и масштабируемость, не поддерживается адаптация к типу образовательного процесса или участника.

Предложением по повышению качества применения всех компонентов ЦОС и эффективного взаимодействия с АОС является модификация ЦОС, включающая:

1. Модуль интеллектуальной обратной связи с элементами: ТИИ для автоматизации формирования вопросов и ответов в свободной форме с последующей их проверкой, что позволит формировать презентативный набор входных данных и базу знаний.
2. Блок аналитики цифрового следа для построения сценария маршрута обратной связи.
3. База знаний и дерево решений для генерации сценариев взаимодействия участников ЦОС.
4. Интеграция модулей и компонентов ЦОС с АИС ППР.

Предложенные направления и встраиваемые модули позволяют повысить адаптивность и персонализацию с централизованным управлением всеми компонентами образовательной среды и поддержкой аналитических и стратегических решений в управлении. В свою очередь гибкая масштабируемость и интеграция с внешними системами является ключевым аспектом любой архитектуры.

Обратная связь чаще представляется фрагментарно или же шаблонизировано, что исключает возможность гибкого и адаптируемого применения в учебном процессе. Зачастую не используются данные цифрового следа или же исторические данные накопленные за предыдущие периоды обучения для формирования персонализированных ответов и построения индивидуальных маршрутов. Отсутствует анализ семантической релевантности в запросах пользователей и при обратной связи или же они носят локальные, фрагментарные решения, что не позволяет сформировать полноценную картину активности студентов и в целом всех участников образовательного процесса [20, 180, 238].

Предложением является разработка метода интеллектуальной обратной связи, содержащего:

1. Анализ цифрового следа и активности участников.
2. Семантический анализ контента при обратной связи и генерации вопросов и ответов с последующей автоматизированной проверкой в условиях многопоточности.
3. Построение дерева оценки решений на основе критериев качества и эффективности. являющихся частью доказательной базы предлагаемых методологических и технологических решений.
4. Аннотирование и группировку информации для точного и своевременного реагирования на запросы участников.
5. Персонализированную маршрутизацию уведомлений, запросов и рекомендаций при реализации сценария взаимодействия.

Применение рассмотренных аспектов позволит существенно повысить

результативность образовательного взаимодействия, повышение мотивации и вовлеченности участников в образовательный процесс с автоматизацией мониторинга и диагностики. Следствием применения всех направлений станет снижение перегрузки как участников, так и системных модулей с четко выстроенным взаимодействием компонентов и организацией хранения данных.

Актуальным является организация единой автоматизированной системы ППР в ЦОС, так как поддержка коллективных решений участников не регламентирована и не реализована с учетом организации информационных потоков, циркулирующих в рассматриваемой среде. Ручное и несогласованное принятие решений без учета объективных данных из цифровой среды также является значимым моментом в сформулированных недостатках с отсутствием их реализации.

Предложением является разработка АИС ППР, включающей:

1. Интерфейсы для совместной работы субъектов (участников) ЦОС.
2. Систему взаимодействия и оценивания пользователей по критериям эффективности.
3. Базы знаний и деревья решений.

Интеграция с элементами архитектуры ЦОС и системной обратной связи повысит объективность и согласованность решений, обеспечит мониторинг и эффективное управление ресурсами и модулями с возможностью выбора стратегий и персонализированных сценариев.

Рассмотрим распределение методологических составляющих обратной связи и технологических решений с учетом связей элементов (рисунок 2.11).

Таким образом, систематизируя компоненты методологии и решаемые ими задачами, агрегируем вышеизложенное (таблица 2.7).

Таблица 2.7 –Описание компонентов методологии

Реализуемая функция	Компонент	Описание	Инструмент решения (методология /технология) М/Т	Вложенность связи
Вариативность взаимодействия субъектов	Онтологическая модель информационных потоков	Реализация замкнутого цикла, классы инструментов связи, ПР, субъектов, компонентов архитектуры ЦОС для реализации АОС	М	
Замкнутый цикл ЦОС для эффективного взаимодействия субъектов при реализации обратной связи	Модифицированная архитектура ЦОС	Реализация прямой и обратной связи, сценариев АОС с интеллектуальным сопровождением субъектов при взаимодействии в ЦОС на основе метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС	Т	Онтологическая модель информационных потоков
Интеллектуальная система АОС	Метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС	Семантическое моделирование контента, обработка мультимодальных данных, аннотирование на этапах реализации сценариев АОС для классификации по ПР с математической моделью оценки результатов АОС (многокритериальная и стохастическая модели)	М	Модифицированная архитектура ЦОС, онтологическая модель информационных потоков

Продолжение таблицы 2.7

Персонализированные информационно-образовательные маршруты	АИС ППР в ЦОС	Модульная архитектура (сбор и интерпретация данных, аналитический, АОС, ПР) на базе метода интеллектуальной обработки и модифицированной архитектуры с описанием предметной области в виде онтологической модели.	Т	Метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС, модифицированная архитектура ЦОС
--	---------------	---	---	--

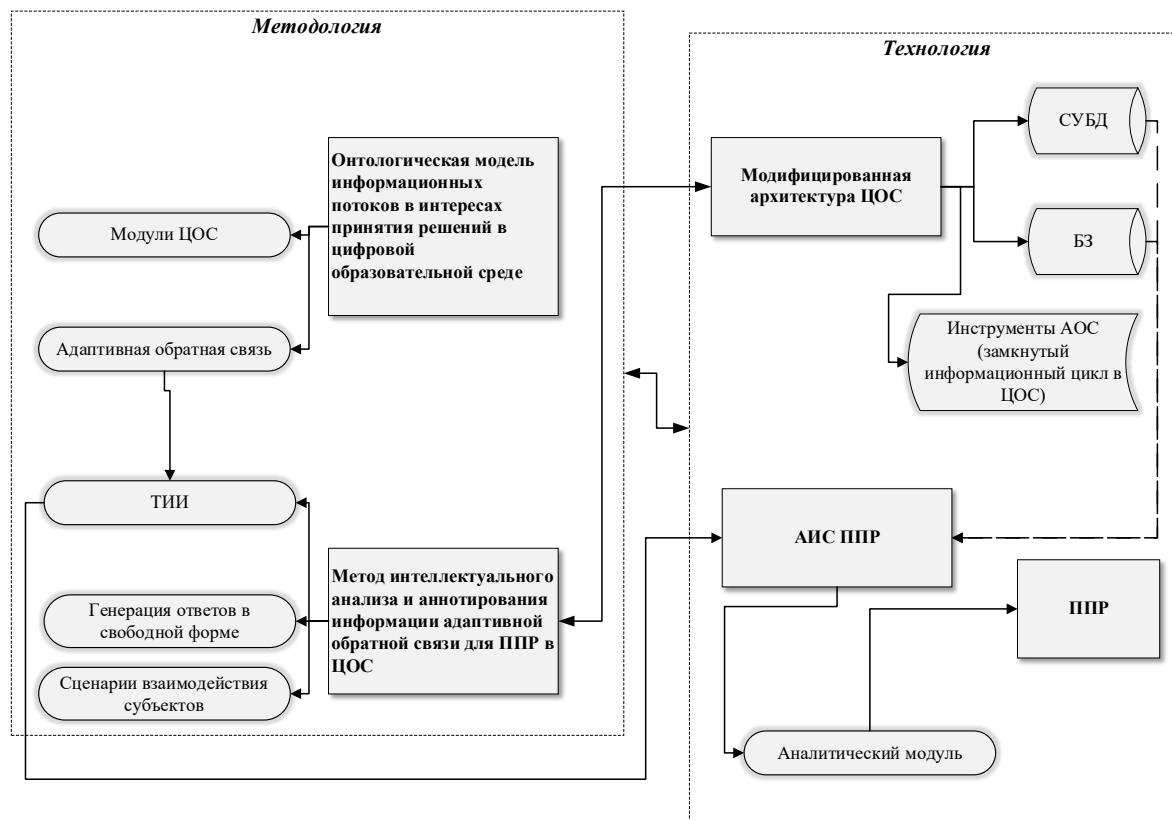


Рисунок 2.11 – Схема взаимосвязи методологических и технических решений

К компонентам методологии относятся онтологическая модель, описывающая инструментарий и возможность организации АОС в ЦОС и метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для генерации вопросов и ответов в свободной форме в условиях цифровизации и многопоточности [188,194,223,231].

К технологическим решениям, обеспечивающим возможность реализации методологических компонентов, относятся:

- модифицированная архитектура ЦОС с заявленными в схеме инструментами для полноценного не фрагментарного применения данной среды в образовательном процессе;
- АИС ППР с возможностью объединения инструментов и методов реализации АОС с принятием решений участниками ЦОС.

Таким образом, взаимосвязь дерева критериев оценивания эффективной обратной связи с методологическими и техническими решениями можно представить в виде методологии следующим образом (рисунок 2.12) [232-238].

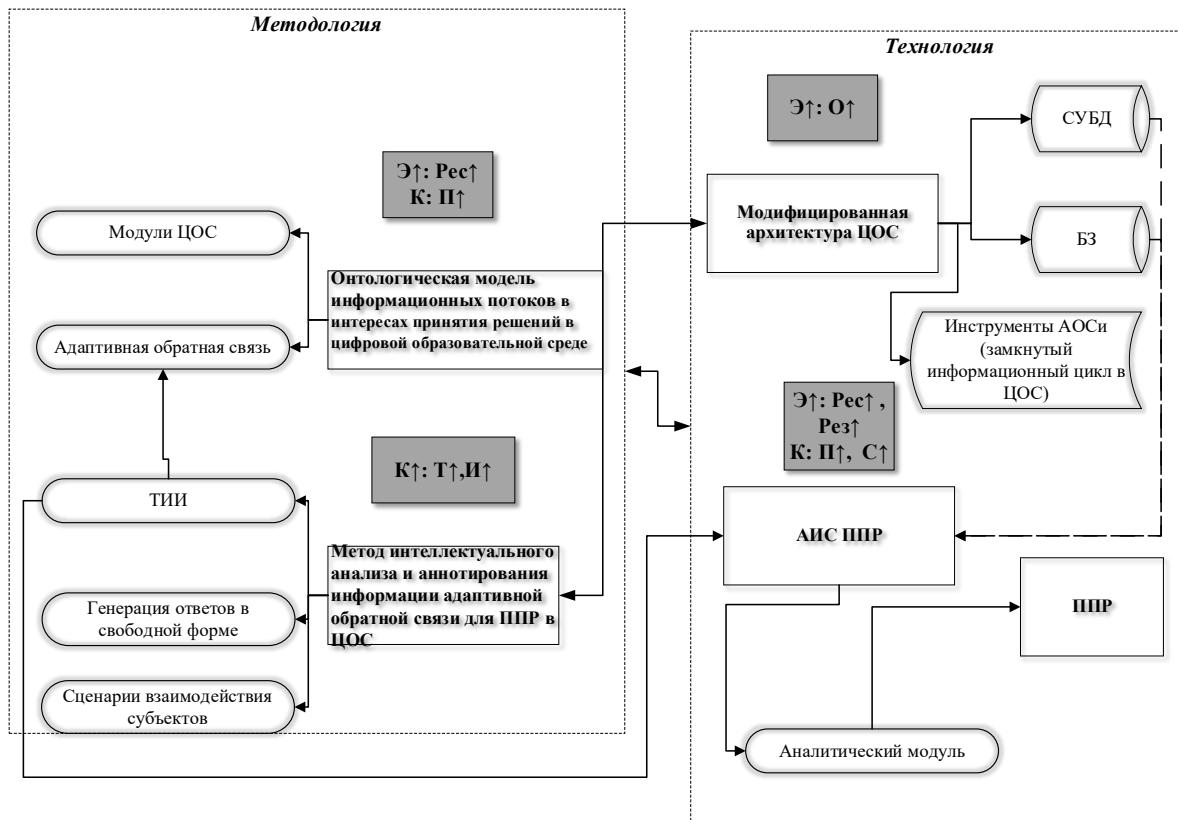


Рисунок 2.12 – Схема методологии взаимосвязи элементов дерева критериев и методологических и технических решений

Показатели эффективности обратной связи, а именно результативность, ресурсоэкономичность и оперативность оказывают влияние на качество принятия решений через показатели точность и обоснованность, включающей согласованность и интерпретируемость. Связь показателей эффективности и качества принимаемых решений с компонентами концепции в разрабатываемой методологии эффективной обратной связи в ЦОС представлена на рисунке 2.13.

Ресурсоэкономичность обеспечивает возможность работы с большим объемом данных и поддержкой непрерывного анализа, что повышает интерпретируемость, так как остается ресурс для формирования пояснений и аннотаций. Повышение результативности обратной связи способствует обеспечению релевантной и своевременной информации, что влияет на повышение согласованности. Оперативность снижает риск «устаревания» информации и ошибочных решений в динамических условиях, что повышает

точность, так как принятие решений основано на актуальной информации.

Необходимо отметить, что точность относится не напрямую к качеству принятия решения, а к методу интеллектуальной обработки информации в оценке адаптивного взаимодействия в сценариях обратной связи, что косвенно влияет на точность в принятии решений при анализе сценариев взаимодействия субъектов в ЦОС при АОС.

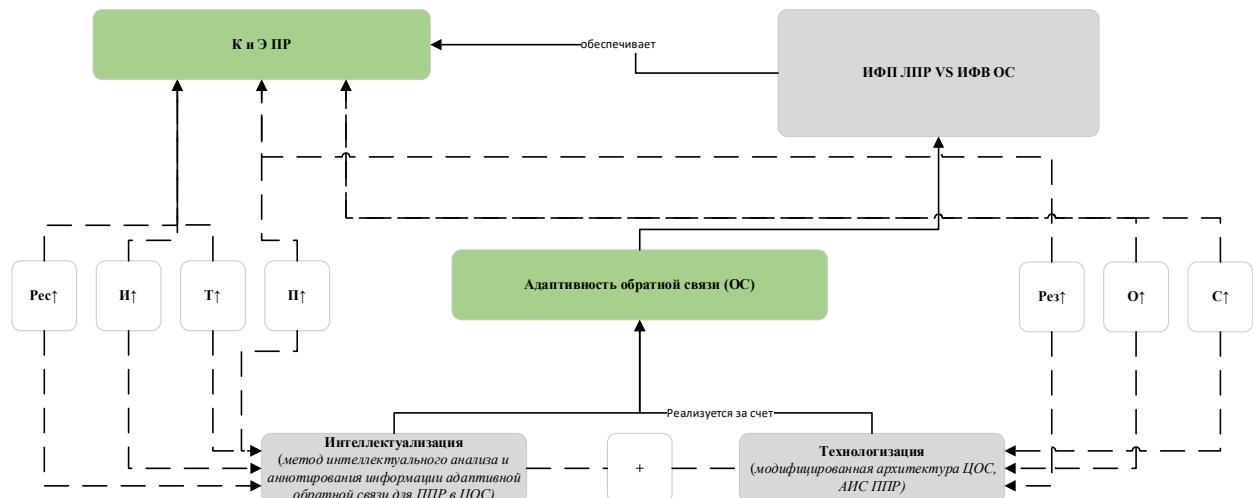


Рисунок 2.13 – Связи показателей концепции для методологии ЭОС в ЦОС

В случае несвязанных критериев как было показано выше в схеме взаимодействия без АОС, при принятии решений не учитываются целевые показатели качества обратной связи, следовательно, невозможно обеспечить систематическое повышение точности. В случае с АОС в ЦОС и структурированными информационными потоками, а также идентификацией критериев оценки обратной связи с технологическими и методологическими решениями при реализации обратной связи в ЦОС результаты взаимодействия субъектов при принятии решений будут способствовать повышению обоснования точности, что подтверждается эмпирически в четвертой главе диссертации при разработке и реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования АОС для ППР в ЦОС. Эффективность АОС в ЦОС определяется не только наличием инструментов коммуникации, но и реализацией замкнутого цикла АОС с уровнями формализации:

- 1) Концептуальное представление субъектов и потоков информации в виде

онтографа с семантическим описанием системы.

2) Структура взаимодействия в АОС с классами, экземплярами, типами потоков, решений, механизмами корректировки с учетом входов, состояний, правил переходов и множеством целевых состояний на примере структуры автомата для реализации замкнутого цикла ЦОС.

3) Реализация сценариев в АОС с коррекцией обратной связи и семантической обработкой взаимодействия субъектов в ЦОС осуществляется через метод интеллектуальной обработки и аннотирования информации в ЦОС.

4) АИС ППР является объединением модулей для реализации замкнутого цикла на базе модифицированной архитектуры ЦОС.

Разработанная методология способствует повышению результативности принимаемых решений за счет установления соответствия информационно-функциональных потребностей субъектов цифровой образовательной среды и информационно-функциональных возможностей обратной связи в интересах принятия решений. Соответствие текущей организации взаимодействия субъектов в ЦОС и ожидаемых результатов при реализации АОС приведено в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Соответствие текущей организации взаимодействия субъектов в ЦОС и ожидаемых результатов при реализации АОС

Реализация ОС на текущий момент	Ожидаемые результаты от применения методологии и технологии АОС в ЦОС
---------------------------------	---

Продолжение таблицы 2.8

<p>Обработка информационных потоков в ЦОС разрозненно, допускается дублирование данных, по разным каналам. Преобладает асинхронная передача между субъектами ЦОС вручную или по разным каналам, отсутствует согласованность между источниками и инструментами принятия решений, что приводит к увеличению времени обратной связи, перегрузке отдельных узлов в ЦОС</p>	<p>Формализация информационных потоков с инструментами связи и ПР, синхронное взаимодействие субъектов в обратной связи обеспечит ресурсоэкономичность ($\text{Рес} \uparrow$) при реализации обратной связи за счет структурированных потоков, неразрывных и целостных связей экземпляров классов в условиях многопоточности и цифровизации в замкнутом цикле ЦОС</p>
<p>Отсутствует единая концепция технологизации и интеллектуализации обратной связи в интересах поддержки принятия решений субъектами ЦОС</p>	<p>Технологизация и интеллектуализация обратной связи будет способствовать повышению результативности ($\text{Рез} \uparrow$) принимаемых решений за счет соответствия информационно функциональных потребностей субъектов и информационно-функциональных возможностей обратной связи</p>
<p>Высокая скорость получения данных, при которой невозможно в полной мере осуществить глубину анализа при ПР, что особо значимо в условиях многопоточности. Отсутствуют инструменты АОС в одном канале взаимодействия</p>	<p>Адаптивная реализация обратной связи без потери информации в процессе взаимодействия субъектов позволит повысить оперативность взаимодействия ($\text{О} \uparrow$) участников цифровой образовательной среды</p>
<p>Стандартизованные и унифицированные формы взаимодействия субъектов: ППС – Студент в образовательном процессе без учета интеллектуального анализа естественного языка</p>	<p>Интеграция методов интеллектуальной обработки информации для адаптивной обратной связи с индивидуальными сценариями взаимодействия в условиях многопоточности обеспечит повышение интерпретируемости и точности ($\text{И} \uparrow, \text{T} \uparrow$) принимаемых решений в адаптивной обратной связи</p>
<p>Отсутствие единой среды с анализом принимаемых решений субъектами цифровой образовательной среды, фрагментарные технические решения (инструменты) взаимодействия</p>	<p>Надежность и корректное выполнение действий при реализации сценариев АОС взаимодействия субъектов в ЦОС, минимизация потерь информации, согласованность ($\text{С} \uparrow$) и ($\text{Рес} \uparrow$) при ПР в замкнутом цикле при АОС в условиях многопоточности и цифровизации</p>

Подтверждение повышение показателей критериев качества и эффективности дерева критериев методологии приведены в 4 и 5 главах диссертации.

Таким образом, интеллектуальная система являющаяся, являющая частью (компонентом) методологии обладает способностью изменять структуру, механизмы поведения, т.е. сценарии АОС, что определяет ее как адаптивную экосистему.

Выводы по главе 2

Во второй главе проведен анализ информационных потоков в ЦОС с формированием ключевых сущностей и экземпляров с идентификацией отношений между ними. Сформулирована и описана методология идентификации отношения элементов дерева критериев с технологическими и интеллектуальными решениями ППР в ЦОС. Предложенная методология организации эффективной АОС с идентификацией взаимосвязей критериев оценки обратной связи методологическими и технологическими решениями является базой (основой) системы ППР в ЦОС. Идентифицированы отношения между технологическими и интеллектуальными решениями с АОС. Установлена зависимость между показателями качества и эффективности ПР.

В отличие от существующих моделей, онтологическая модель информационных потоков концептуально описывает структуру замкнутого цикла АОС, что позволит обеспечить эффективную обратную связь в условиях многопоточности и цифровизации. Описание замкнутого цикла реализовано через онтограф с описанием условий выхода из сценариев через стохастическую модель. Установлена зависимость между обоснованным принятием решением и эффективной обратной связью, состоящая в реализации обратной связи за счет технологизации и интеллектуализации, что позволяет устранить противоречие между информационно функциональными потребностями и возможностями, что обеспечивает качество принимаемых решений. Условия реализации замкнутого цикла в ЦОС с признаками выхода представлены в виде алгоритма, описывающего варианты взаимодействия субъектов ЦОС.

Для реализации возможности технологизации и интеллектуализации информационных потоков в АОС в ЦОС необходима актуализация, а точнее модификация архитектуры ЦОС с инструментарием, позволяющим повысить эффективность взаимодействия участников образовательной среды. Модифицированная архитектура ЦОС рассматривается в третьей главе диссертационного исследования.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

3.1 Анализ элементов архитектуры цифровой образовательной среды

На сегодняшний день реализуется Федеральный проект «Цифровая образовательная среда», направленный на создание и внедрение в образовательных организациях цифровой образовательной среды, а также обеспечение реализации цифровой трансформации системы образования [7,129,212]. В работах [40,188,211] проанализированы преимущества ЦОС и вопросы непрерывного совершенствования системы образования, направленные на повышение качества образовательных услуг, реализуемых учреждениями образования.

С одной стороны ЦОС является:

1. Открытой совокупностью информационных систем, предназначенных для обеспечения различных задач образовательного процесса. Ключевая задача состоит в обеспечении безопасного доступа и высокого качества обучения в образовательной среде.
2. Инновационная концепция, направленная на интеграцию цифровых технологий в обучение, позволяющая создавать гибкую и адаптивную образовательную среду, которая учитывает потребности субъектов образовательной среды.
3. Совокупность информационных, методических и программных ресурсов, объединенных в единую среду для поддержки образовательного процесса.

В исследовании далее по тексту будет приводиться описание как взаимосвязанных компонентов ЦОС, так и субъектов ЦОС солями и доступом к различным компонентам. Наличие в схемах при описании ЦОС субъектов трактуется не как компонент ЦОС, а как участник с доступом к элементам среды.

Направления ЦОС:

1. Технологическая инфраструктура (ТИ). Обеспечивает бесперебойный доступ к образовательным ресурсам и сервисам.

К элементам ТИ относятся:

- высокоскоростной интернет;
- устройства управления контентом;
- наличие аудиторного фонда с ПК, т.е. компьютерные классы (аудитории);
- устройства воспроизведения образовательного контента в классе (аудитории);
- общероссийские каналы связи. Единая сеть передачи данных (ЕСПД) для подключения образовательных организаций к ЦОС, интернет, СКС, Wi-Fi в образовательных учреждениях;
- цифровые инструменты: персональные компьютеры, ноутбуки, мобильные классы, цифровые лаборатории, телевизионные информационные панели, VR-оборудование, интерактивные доски, планшеты.

2. Образовательные ресурсы и контент. Включают разные учебные материалы:

- электронные учебники;
- видеоуроки;
- интерактивные задания;
- педагогические сайты и блоги;
- разнообразные методические и дидактические материалы, созданные с использованием инструментальных компьютерных систем;
- ресурсы, разработанные с использованием облачных технологий.

3. Системы управления обучением, позволяют:

- управлять образовательным контентом;
- проверять знания;
- давать информационную обратную связь;
- отслеживать (анализировать) результаты.

ЦОС обеспечивает решение следующих задач:

- информационно-методическую поддержку образовательного процесса;

- планирование образовательного процесса и его ресурсного обеспечения;
- мониторинг и фиксацию хода и результатов образовательного процесса;
- современные процедуры создания, поиска, сбора, анализа, обработки, хранения и представления информации;

- дистанционное взаимодействие участников образовательного процесса (обучающихся, их родителей (законных представителей), педагогических работников, органов управления в сфере образования, общественности), в том числе в рамках дистанционного образования;

- дистанционное взаимодействие образовательного учреждения с другими организациями социальной сферы: учреждениями дополнительного образования детей, учреждениями культуры, здравоохранения, спорта, досуга, службами занятости населения, обеспечения безопасности жизнедеятельности. Например: Learning Management System — это платформа для онлайн-обучения. LMS помогает организовать образовательный процесс от разработки контента до проверки знаний. Альтернативой является СДО, довольно часто применяется в структуре высшего образования, наибольшую значимость.

Формирование ЦОС в образовательной организации – процесс индивидуальный (уникальный) и должен учитывать возможности, ресурсы (материальную базу) образовательного учреждения.

Основные компоненты ЦОС образовательной организации в соответствии с требованиями ФГОС:

- официальный сайт образовательного учреждения;
- СЭД (система электронного документооборота);
- СДО;
- корпоративная ЭП (электронная почта) или личная ЭП;
- специализированное ПО, например формирование учебной нагрузки или РПД (фонды оценочных средств);
- отечественное ПО (прикладное ПО для обеспечения учебных дисциплин при выполнении практических заданий в процессе изучения дисциплин);
- ПО от компаний партнеров структурных подразделений вузов.

Элементы ЦОС с субъектами (участниками) можно обобщить в виде следующей схемы (рисунок 3.1).

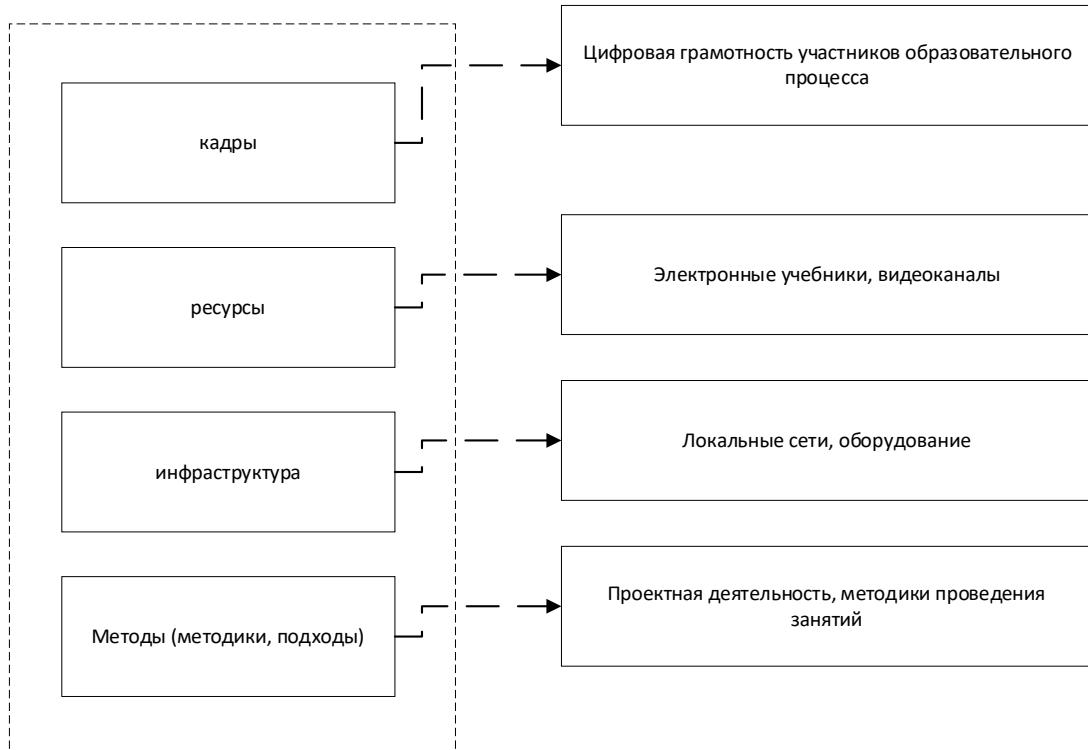


Рисунок 3.1 – Элементы и субъекты ЦОС

Со стороны компонента кадры, а именно участников ЦОС необходимо также учитывать степень взаимодействия и инструментария в контексте ЦОС (рисунок 3.2).

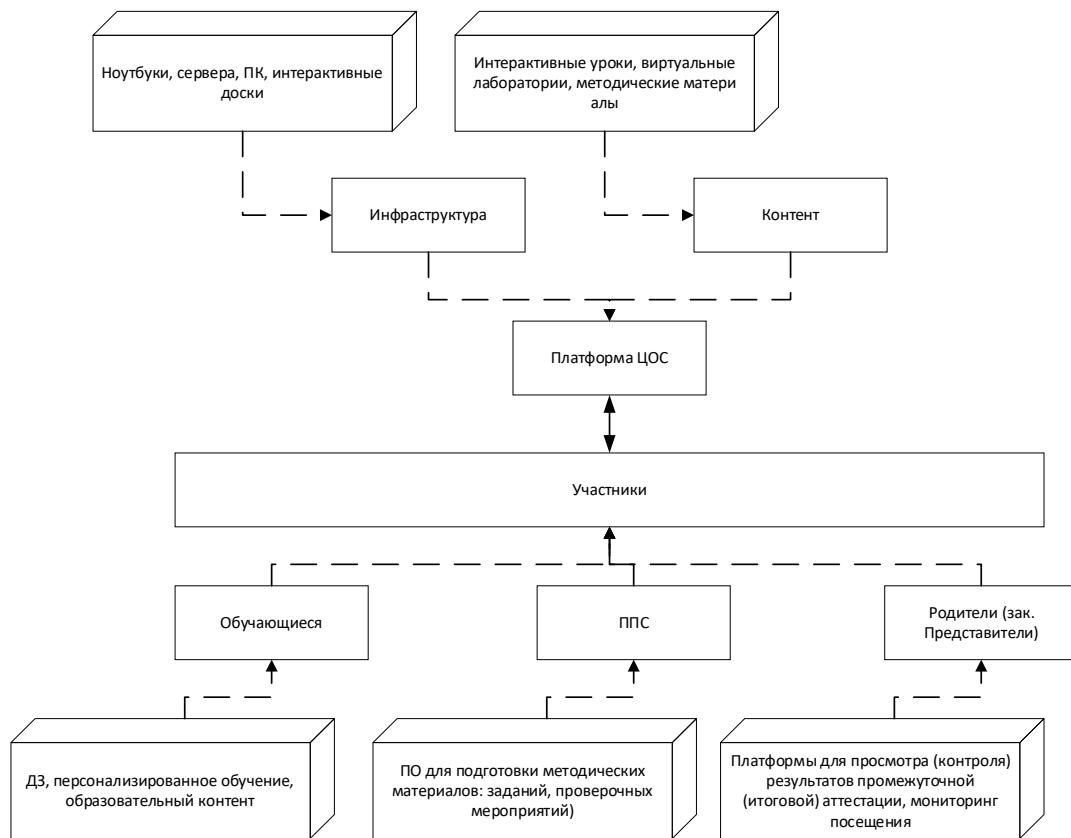


Рисунок 3.2 – Схема ЦОС с участниками и компонентами

Внедрение ЦОС в вузах требует тщательной подготовки и комплексного подхода, чтобы обеспечить эффективность и удобство реализации образовательного процесса для субъектов. Особенности внедрения ЦОС в высших учебных заведениях включают адаптацию учебных программ, модернизацию технической инфраструктуры и обучение персонала работе с новыми цифровыми инструментами.

Необходимо учитывать формирование единого банка тестовых заданий, анализа цифрового следа участников и разработки сценария взаимодействия в замкнутом цикле ЦОС, т.е. АОС. Для выполнения указанных компонентов необходима база знаний и ее интеграция в архитектуру ЦОС с промежуточной информационной моделью в виде СУБД.

В исследовании ЦОС рассматривается как интеграция цифровых ресурсов с соблюдением единой структуры метаданных, стандартизованных форматов хранения и обмена данными, принципов авторизации и управления доступом, что обеспечивает совместимость, согласованность и возможность

автоматизированной обработки данных.

Согласованность и унификация ресурсов учитывается в рассматриваемой далее в п.3.2 диссертации при описании предлагаемых компонентах на базе существующих программных решений. Дополнением в исследовании являются инструменты интеллектуального сопровождения для реализации АОС, но с единными стандартами и форматами данных при взаимодействии с компонентами ЦОС, так как без унификации невозможна интеграция метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС и АИС ППР.

3.2 Компоненты модифицированной архитектуры цифровой образовательной среды

В соответствии с указом президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», государственной программе РФ «Развитие образования» на 2018-2025 годы» применение цифровых технологий в образовательных организациях любого из типов: основного общего (школы), среднего профессионального (колледжи), высшие учебные заведения (институты, университеты, академии) реализуется за счет электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС).

Вопрос цифровизации высшего образования является актуальным и анализ научной литературы в данном направлении [67,107,239-242] показал, что на сегодняшний день присутствует ряд направлений (вопросов), требующих детального изучения как в обеспечении ЭИОС техническими средствами, ресурсами, так и отсутствие полноценной теоретической концепции по организации создания и применения ЭИОС в образовательных учреждениях.

Анализ работ, научных исследований показал, что часто выделяют три основных направления (компоненты):

- учебный, т.е. материалы, а именно учебники, учебно-методические

пособия, практикумы, рабочие тетради в электронном формате для обеспечения учебного процесса обучающихся;

- аудиторный обеспечивающий материальной базой для организации проведения мастер классов, конференций, учебных занятий как в очном, так и в дистанционном формате;
- коммуникационный для полноценной реализации и обеспечения видеосвязи, бесперебойной работы в учебном процессе.

В [59,173,243-245] выделяют два основных компонента:

- базы данных для организации хранения как учебных планов, учебно-методических материалов, так и для сохранения образовательных результатов;
- сервисы назначение которых аналогично варианту применения, рассмотренного выше.

Допускается вариант выделения двух компонентов:

- организационная инфраструктура;
- технологическая инфраструктура.

Компоненты ЭИОС должны обеспечивать интеграцию цифровых ресурсов и технологий с целью обеспечения качества предоставляемых образовательных услуг.

В диссертации рассматриваем следующие компоненты с учетом реализации АОС:

- организационный: электронный документооборот, онлайн консультации, лекции, практики, семинары, конференции, результаты взаимодействия субъектов ЦОС;
- методический: прикладное ПО обеспечивающее хранение, доступ и обработку учебных планов, нагрузки ППС, методических материалов по УД, а именно РПД, ФОСы, учебное расписание, результаты взаимодействия субъектов ЦОС в срезе как профилей подготовки, так и УНСП;
- информационный для организации облачного хранения учебно-методических материалов с последующим доступом к ним;
- учебный включает совокупность ПО для обеспечения возможности

реализации образовательного процесса;

- исследовательский обеспечивает доступ к научным базам, официальным сайтам подразделений и научных организаций;

- коммуникационный: совокупность организационных средств, обеспечивающих видеосвязь, работу сервисов и специализированного ПО, вычислительные ресурсы (мощность) для обеспечения возможности единовременного подключения субъектов образовательного процесса.

Таким образом, в каждом из компонентов необходимо учитывать реализацию возможности организации адаптивного сопровождения с индивидуальными сценариями взаимодействия.

На основе предложенных компонентов схему связи элементов ЦОС с ЭИОС можно представить следующим образом (рисунок 3.3).

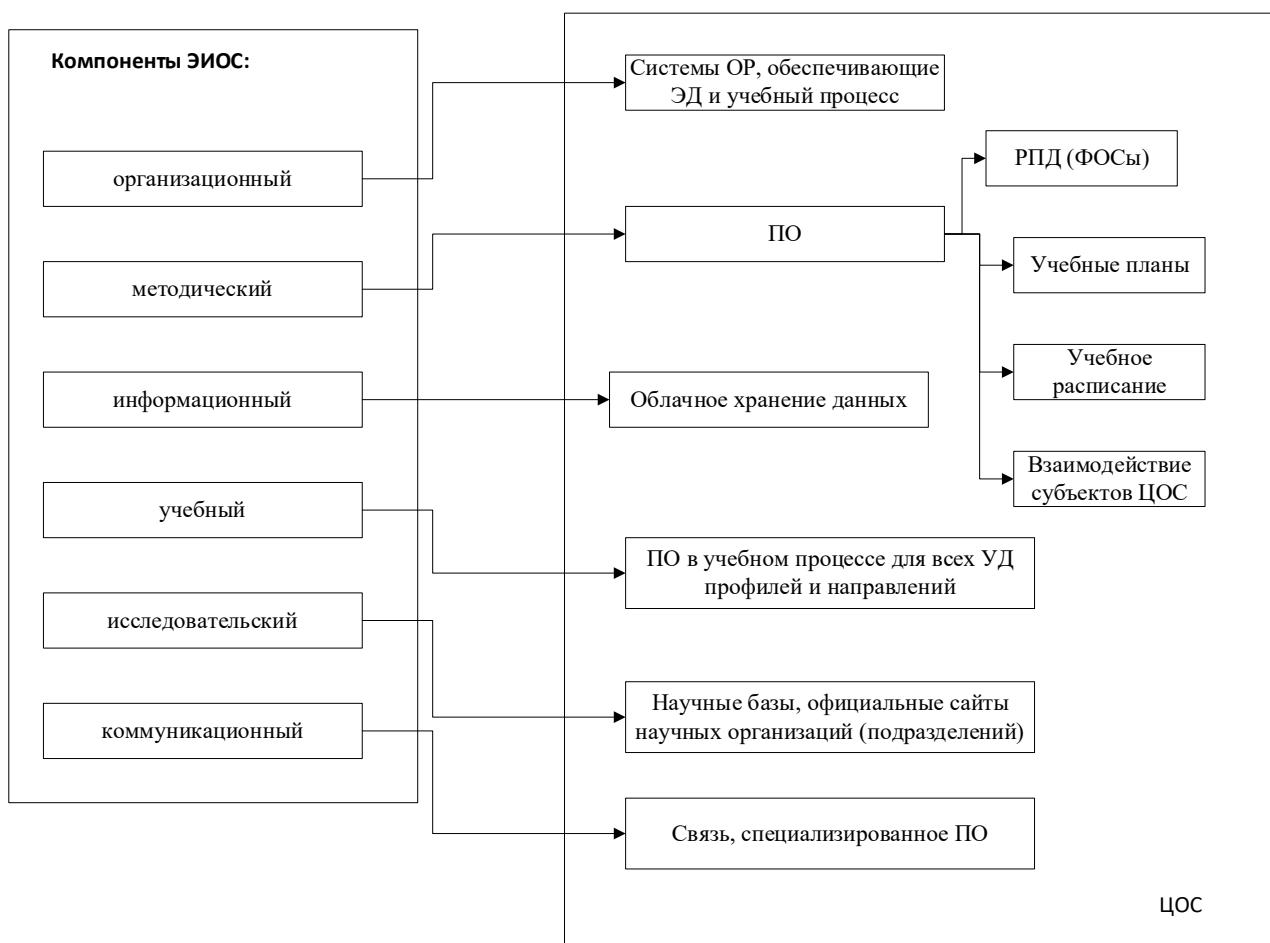


Рисунок 3.3 – Связь ЦОС с компонентами ЭИОС

Эффективность как внутренняя (внутрисистемная) характеристика системы взаимодействия (как и любой иной системы) измеряется показателями результативности, оперативности и ресурсоэкономности. В то время как внешняя (метасистемная) эффективность взаимодействия как раз и определяется качеством обучения, ради которого, собственно, и осуществляется. Результативность (внутренняя) может измеряться как объективно – со стороны метасистемы (например, через полноту охвата – количество субъектов, вовлеченных во взаимодействие), так субъективно – участниками образовательного процесса (например, через полноту информации обмена; может измеряться как соотношение количества необходимых/достаточных информационных объектов к получаемым/передаваемым).

Разберем каждое звено выше обозначенной цепочки и покажем, что каждая характеристика АОС вносят, как уникальный, так и синергетический вклад в эффективность взаимодействия субъектов ЦОС.

Звено 1. АОС → Эффективность взаимодействия субъектов ЦОС.

Утверждение: без АОС взаимодействие между субъектами ЦОС (студенты, преподаватели, методисты, администрация) становится неэффективным.

Обоснование и доказательства представим в виде положительного влияния характеристик АОС на показатели эффективности взаимодействия субъектов ЦОС (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Показатели эффективности взаимодействия при АОС

Характеристика АОС	Показатели эффективности взаимодействия		
	Результативность	Оперативность	Ресурсоэкономность

Продолжение таблицы 3.1

Персонализация (персонализированный отклик – учет темпа, уровня знаний, стиля обучения, истории ошибок конкретного обучающегося)	прямое влияние	косвенное влияние	сильное влияние
Своевременность (своевременный отклик – получение обратной связи в момент наибольшей потребности в ней, «здесь и сейчас»)	прямое влияние	ключевое влияние	прямое влияние
Контекстность (контекстно-зависимый отклик – реакция не просто на ответ, а на процесс его достижения: на использованный метод, на затраченное время, на последовательность действий)	наибольшее влияние	косвенное влияние	сильное влияние

Персонализация vs Результативность: повышает полноту информационного обмена (результативность) за счет устранения информационного шума, генерации дополнительных релевантных информационных объектов (объяснений, рекомендаций, ссылок), выявленных на основе персональных запросов, более точного определения необходимого и достаточного набора информации для конкретного субъекта.

Персонализация vs Оперативность: требует сложного анализа данных, что может немного замедлить отклик; однако, качество этого точного, персонализированного отклика значительно компенсирует потенциальную микро-задержку, так как субъект сразу получает нужную ему информацию, а не общую; сокращает время между проблемой и ее идентификацией за счет превентивного анализа индивидуальной траектории.

Персонализация vs Ресурсоэкономность: обучающемуся не приходится тратить часы на самостоятельный поиск причины ошибки в незнакомом материале – он движется по оптимальной для себя траектории, не проходя лишних шагов; преподаватель, видя индивидуальную траекторию

обучающегося, не тратит время на «средние» (для всей группы) объяснения; хотя алгоритмы персонализации требуют вычислительной мощности, они в целом эффективнее, чем системы, перегруженные запросами от «потерявшихся» и демотивированных пользователей.

Своевременность vs Результативность: если обратная связь поступает в момент « T_0 » или с минимальной задержкой (своевременно), пока контекст задачи и мыслительный процесс обучающегося активны, то все полученные информационные объекты являются максимально релевантными и актуальными; в то же время, запаздывание (несвоевременность) порождает каскад ошибок, для исправления которого требуется больший объем информации, что отрицательно влияет на полноту.

Своевременность vs Оперативность: напрямую определяет темп и непрерывность учебного «живого» диалога между субъектами ЦОС; минимальная задержка между учебным действием (вопрос, решенная задача, просмотр материала) и значимым, полезным откликом, который позволяет немедленно предпринять следующее корректное действие; мгновенный отклик цифровой среды (например, проверка задания сразу после отправки) – это и есть максимально возможная оперативность взаимодействия;

Своевременность vs Ресурсоэкономность: при запаздывающей обратной связи возникает «ресурсная воронка», когда ошибки накапливаются, мотивация падает, проблемы усугубляются, и для их решения на всех уровнях требуются возрастающие затраты времени, сил и средств; небольшие «инвестиции» в быстрый отклик предотвращают крупные «расходы» в будущем; большое количество студентов, «застрявших» на одном месте и генерирующих повторные запросы в ожидании ответа, создает пиковую нагрузку на ИТ-инфраструктуру, но своевременная обратная связь «размазывает» активность по времени, делая ее более равномерной и дешевой в обслуживании.

Контекстность vs Результативность: обеспечивает соответствие между множеством передаваемых/получаемых информационных объектов и множеством истинных образовательных потребностей субъектов, так как

обучающийся получает именно те информационные объекты, которые объясняют его действия и указывают на точные зоны роста, а набор «необходимых и достаточных» объектов становится четко определенным и минимально избыточным, так как он основан на данных, а не на догадках или шаблонах.

Контекстность vs Оперативность: анализ контекста (логов действий, цепочек рассуждений) сложнее, чем анализ конечного ответа, что может требовать больше вычислительного времени; однако, как и в случае с персонализацией, выигрыш в качестве взаимодействия и конечном результате многократно окупает эту задержку.

Контекстность vs Ресурсоэкономность: сокращает общее время на достижение учебных целей за счет минимизации неэффективных попыток и упреждающего устранения пробелов – помочь приходит именно в том месте, где обучающийся «застрял», что также экономит его когнитивные и мотивационные ресурсы; предоставляет преподавателю готовые аналитические данные, что позволяет ему не тратить время на индивидуальную диагностику каждого случая, точно и оперативно корректировать сложность задания, дать общее предупреждение по типичной ошибке, оказать адресную помощь.

С учетом вышеизложенного, можно сделать промежуточный вывод, что АОС — это не дополнение («полезная опция») к взаимодействию субъектов ЦОС, а его обязательный элемент и системный механизм, который превращает набор действий по обмену информационными объектами в эффективный процесс. Образно говоря, АОС является неким «клеем», который удерживает вместе и синхронизирует действия всех субъектов ЦОС; иначе взаимодействие распадается на набор разрозненных и нескоординированных действий субъектов.

Установленную взаимосвязь ЦОС и АОС можно представить в табличной форме (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Анализ аспектов взаимосвязи компонентов в ЦОС

Аспект взаимосвязи	ЦОС	АОС
Роль	Фундаментальная экосистема, предоставляющая инфраструктуру, контент и инструменты для обучения	Управляющий механизм внутри ЦОС, обеспечивающий осмысленное взаимодействие
Основная функция	Создание и организация образовательного пространства (управление контентом, доступом, аналитикой)	Непрерывная корректировка учебного процесса на основе данных о текущих результатах и состоянии обучающегося
В контексте управления	Объект управления, система, в которой происходят все процессы	Инструмент управления, позволяющий направлять и оптимизировать образовательный процесс

Звено 2. Эффективность взаимодействия субъектов ЦОС → Качество обучения в ЦОС.

Утверждение: существенное повышение качества обучения в ЦОС без организации эффективного взаимодействия ее субъектов невозможно.

Для обоснования и доказательства выстроим матрицу влияния, где каждая характеристика эффективности взаимодействия субъектов в разной степени, но однозначно положительно влияет на конкретные показатели качества обучения в ЦОС (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Показатели качества обучения в ЦОС

Характеристики эффективности взаимодействия субъектов ЦОС	Показатели качества обучения в ЦОС		
	Актуальность, доступность, своевременность получения ресурсов	Функциональность и безопасность среды обучения	Возможность управления процессом обучения

Продолжение таблицы 3.3

Результативность (полнота информации обмена)	прямое влияние на актуальность, косвенное влияние на доступность, опосредованное влияние на своевременность	прямое влияние на функциональность, опосредованное влияние на безопасность	сильное влияние
Оперативность	косвенное влияние на актуальность и доступность, прямое влияние на своевременность	косвенное на функциональность, прямое влияние на безопасность	прямое и опосредованное (через актуальность) влияние
Ресурсоэкономность	косвенное влияние на актуальность, сильное влияние на доступность, опосредованное влияние на своевременность	прямое влияние на функциональность, косвенное и опосредованное влияние на безопасность	косвенное влияние

Полнота информации обмена (при взаимодействии). Это не просто факт передачи данных, а обеспечение того, чтобы каждый субъект ЦОС получит всю необходимую информацию в нужном объеме и формате для выполнения своей образовательной задачи; включает в себя: содержание (собственно учебные материалы, задания, оценки, обратная связь и т.п.), контекст (цели, сроки, критерии оценки, инструкции и т.п.) и мета-информацию (данные о расположении и доступности ресурса, его формате, авторе, связанных темах и т.п.).

Оперативность (взаимодействия). Это возможно минимальная задержка между событием, запросом или угрозой и ответной реакцией системы или другого субъекта; скорость протекания коммуникационных процессов в ЦОС.

Ресурсоэкономность (взаимодействия). Это минимизация затрат времени, вычислительных мощностей, когнитивных усилий и прочих ресурсов на осуществление коммуникации между субъектами ЦОС.

Субъекты ЦОС. Это обучающиеся, преподаватели, методисты,

администрация, разработчики контента, (под)системы различного назначения и их модули, техническая поддержка.

Качество обучения. В контексте данного утверждения фокусируемся на трех его аспектах: 1) актуальность как соответствие ресурсов текущим целям обучения, программе и индивидуальным потребностям обучающегося, доступность как возможность для субъекта беспрепятственно найти и использовать нужный ресурс (технически и по содержанию), и своевременность как получение ресурса в момент, когда он наиболее необходим для решения учебной задачи; 2) функциональность среды обучения как способность ЦОС выполнять заявленные функции стablyно (без отказов или с минимальными сбоями), точно (это например, бесперебойность работы инструментов типа видеосвязь, тесты, загрузка файлов, а также корректность алгоритмов типа проверка заданий, формирование рекомендаций) и предсказуемо, и ее безопасность как защищенность данных, коммуникаций и участников учебного процесса (субъектов ЦОС) от информационных угроз; 3) возможность управления процессом обучения в ЦОС как циклическим процессом формирования, принятия, доведения и контроля решения (управляющего воздействия) на основе информации прогресса-состояния обучающегося, направленного на достижение образовательных (учебных) целей.

Полнота информации обмена (результативность взаимодействия) vs Актуальность, доступность, своевременность получения ресурсов: чем полнее данные, полученные в результате обмена информационными объектами, тем точнее система может подобрать релевантные (актуальные) ресурсы, соответствующие текущим образовательным потребностям; полнота информации обмена, особенно мета-информация, является «ключом» к технической и содержательной доступности ресурсов, которая определяется не только их наличием, но и наличием сопутствующей информации, делающим его использование возможным; своевременность – это функция от четкости коммуникации; полная информация минимизирует задержки, вызванные уточнениями и исправлением ошибок.

Полнота информации обмена (результативность взаимодействия) vs Функциональность и безопасность среды обучения: функциональность ЦОС – это диалог, без полной информации от пользователя система не может выполнить запрос адекватно, а без полной информации от системы пользователь не может использовать ее возможности эффективно; полный лог действий пользователей (кто, когда, что делал) позволяет выявлять подозрительную активность, отслеживать попытки несанкционированного доступа и расследовать инциденты, повышая кибербезопасность среды обучения.

Полнота информации обмена (результативность взаимодействия) vs Возможность управления процессом обучения в ЦОС: так как управление это цикл принятия решений, основанных на данных, то неполная информация «разрывает» этот цикл; полнота данных о прогрессе-состоянии субъекта (не только оценки, но и попытки, время, используемые материалы) создает прозрачную и детальную картину для принятия решений как обучающимся (самоуправление), так и ППС (управление студентом, группой, потоком), а также администрацией (стратегическое управление образовательным процессом на уровне курса, программы или вуза).

Оперативность взаимодействия vs Актуальность, доступность, своевременность получения ресурсов: высокая оперативность взаимодействия позволяет ресурсу оставаться актуальным в условиях быстро меняющегося образовательного контекста; оперативность напрямую определяет, как быстро ресурс, который формально есть в системе, станет доступен для использования в конкретной ситуации; своевременность это и есть функция оперативности – высокая скорость обработки запроса и выдачи ресурса обеспечивает получение помощи точно в момент необходимости (то есть, своевременно).

Оперативность взаимодействия vs Функциональность и безопасность среды обучения: функциональность – это не статическое свойство, а динамический процесс, требующий быстрого устранения сбоев и адаптации к нагрузкам, поэтому быстрый отклик системы – это базовый признак ее исправной функциональности, так как пользователи не сталкиваются с

«зависаниями»; любая, даже самая продвинутая система защиты, не способная к оперативному реагированию, устаревает в момент появления новой угрозы, поэтому оперативность – это тот самый иммунный ответ, который позволяет нейтрализовать угрозу до того, как она парализует или повредит образовательную систему.

Оперативность взаимодействия vs Возможность управления процессом обучения в ЦОС: любая задержка в контуре управления приводит к колебаниям, запаздыванию и, в конечном итоге, к его потере – низкая оперативность делает систему управления неустойчивой и неэффективной; высокая же оперативность «сжимает» цикл управления, превращая его из эпизодического (раз в семестр, раз в месяц) в непрерывный процесс, что позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению, когда проблемы обнаруживаются и решаются еще до того, как они серьезно повлияют на результаты обучения – данные о прогрессе-состоянии субъекта обновляются быстро, что позволяет осуществлять своевременные корректировки процесса; качество управления напрямую зависит от актуальности данных, на которых оно основано, но только оперативное взаимодействие обеспечивает такую актуальность.

Ресурсоэкономность взаимодействия vs Актуальность, доступность, своевременность получения ресурсов: актуальность поддерживается за счет снижения «стоимости» действий по обновлению и созданию контента – когда это легко и быстро делать, это делается чаще и качественнее; экономное расходование вычислительных ресурсов системы и оптимизация сетевого трафика позволяет обеспечивать стабильный доступ к «тяжелым» (видео, интерактивы) и часто запрашиваемым ресурсам для всех пользователей одновременно, без «падений» и лагов; своевременность достигается за счет оптимизации временных затрат на всех этапах взаимодействия – когда системе и пользователю не нужно тратить время на преодоление «трения» самой среды, ресурсы успевают доставляться в нужные временные окна.

Ресурсоэкономность взаимодействия vs Функциональность и безопасность среды обучения: оптимизация использования ресурсов (серверных, сетевых)

напрямую определяет стабильность и отказоустойчивость среды, так как система не «ложится» под нагрузкой, обеспечивая бесперебойную работу всех своих функций; рациональное использование ресурсов позволяет сконцентрировать их на приоритетных задачах безопасности, снижает поверхность атаки (применяя принцип «минимальной достаточности», удалены все неиспользуемые модули, код оптимизирован и очищен, закрыты ненужные порты – безопасность повышена за счет радикального сокращения источников угроз), и повышает «антихрупкость» (от англ. *Antifragile*) системы (инфраструктура оптимизированы для обработки запросов с минимальными затратами, в результате для вывода системы из строя атакующему потребуется значительно больше ресурсов, что устойчивость к атакам на отказ в обслуживании – DoS/DDoS-атакам).

Ресурсоэкономность взаимодействия vs Возможность управления процессом обучения в ЦОС: управление – это циклический процесс, потребляющий ресурсы, и каждый его цикл требует времени, вычислительной мощности и внимания; если «себестоимость» одного акта из цикла высока, то количество актов управления будет сведено к минимуму; сэкономленные ресурсы системы могут быть направлены увеличение частоты этих циклов, что напрямую повышает качество управления: ППС проводит мониторинг ежедневно, а коррекцию (в виде персональных комментариев или групповых рассылок) – практически в реальном времени; студент управляет своей учебой не «раз в семestr», а ежедневно; система управляет траекториями не «пакетно», а индивидуально и динамически, так как оптимизированные («экономичные») алгоритмы на основе легковесной аналитики перенастраивают траекторию обучающегося за доли секунды после каждого его действия.

С учетом вышеизложенного, можно сделать промежуточный вывод, что характеристики эффективного взаимодействия субъектов не просто положительно «влияют» на качество обучения в ЦОС, но и являются его организационным фундаментом. Качество обучения – это не абстрактная

метрика, а суммарный результат множества микро-взаимодействий; если эти взаимодействия не отложены, результат неизбежно будет низким.

Свяжем цепочку воедино – теперь вся цепочка выглядит как система зависимостей, где каждый нижний уровень является необходимым условием для верхнего, а именно: АОС является фундаментальным механизмом, обеспечивающим эффективность взаимодействия субъектов (обучающихся, преподавателей, подсистем), что, в свою очередь, является ключевым процессом, определяющим качество обучения ЦОС.

Следовательно, чтобы повысить эффективность обучения в ЦОС, гипотетически необходимо в первую очередь выстроить и автоматизировать систему АОС на всех уровнях взаимодействия. Любая попытка улучшить образование за счет цифровизации среды, минуя эти фундаментальные уровни (например, закупка дорогой СДО без настройки механизмов обратной связи в ней), обречена на низкую отдачу.

Схему взаимодействия субъектов ЦОС с учетом обмена мультимодальных данных в компонентах ЦОС можно обобщить следующим образом (рисунок 3.4).

Схема отображает процессы управления, разработки контента и его доставки обучающимся, но не учитывается главный дидактический принцип – замыкание обратной связи в учебном процессе. На ней нет механизма, который превращал бы данные о деятельности обучающегося в адаптивную учебную реакцию.

Как видно, на схеме не показано, как система менеджмента или ППС анализирует результаты действий обучающегося и возвращает ему персонализированную реакцию, то есть. Как результат:

- обучающийся (на рисунке – студент), изображенный на схеме как субъект (то есть, активный участник) ЦОС, только «потребляет» курсы и вебинары – его связь системой односторонняя;
- блок «Отчеты», скорее всего, предназначен руководству и методистам для общего анализа, а не для оперативной адаптивной поддержки каждого отдельного обучающегося.

Отсутствие АОС на схеме можно обобщить следующим образом.

Во-первых, архитектура без АОС не может обеспечить эффективное обучение, которое может привести к тому, что:

- существующая схема гарантирует доставку контента, но не гарантирует его усвоение;
- обучающийся получает задания, но не получает персонализированной поддержки в процессе их выполнения;
- методист обновляет материалы, но не имеет данных для точечной коррекции проблемных зон;

Во-вторых, организационные роли (включая субъекты ЦОС) не реализуют свой потенциал полностью, так:

- методист вынужден работать «вслепую», без оперативной аналитики по трудностям обучающихся;
- СДО функционирует как хранилище контента, а не как интеллектуальная обучающая среда;
- обучающийся лишен возможности получать своевременную помощь в момент возникновения трудностей с освоением учебного материала.

И в-третьих, управленческие решения принимаются на основе запаздывающих данных, и в результате:

- Руководство видит только итоговые результаты (отчеты), но не может влиять на процесс обучения в реальном времени;
- отсутствует возможность проактивного выявления «проблемных» обучающихся для раннего вмешательства.

На вопрос «Как должна выглядеть схема взаимодействия с АОС?» можно перечислить конкретные недостающие элементы:

- 1) Нет связи «Результаты деятельности обучающегося → Аналитический модуль»;
- 2) Отсутствует компонент «Адаптивный планировщик учебной траектории»;
- 3) Нет обратной стрелки «Система рекомендаций → Персональная

поддержка обучающегося».

Представленная схема (Рисунок 3.4) отображает процессы управления, разработки контента и его доставки обучающимся, но игнорирует главный дидактический принцип – замыкание обратной связи в учебном процессе: не представлен механизм, который превращал бы данные о деятельности обучающегося в адаптивную учебную реакцию. Отсутствие контура АОС делает учебный процесс незамкнутым и, следовательно, менее эффективным.

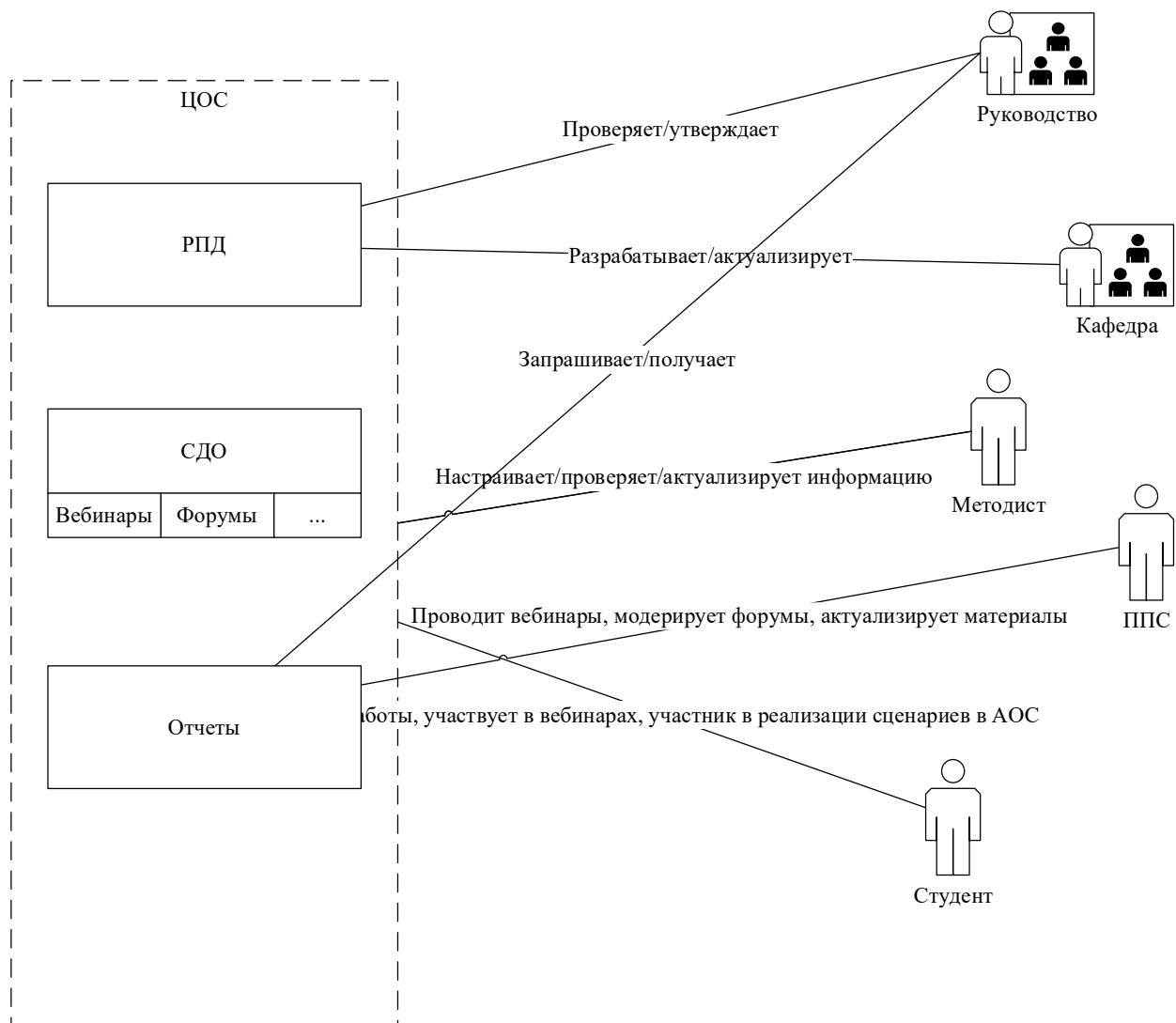


Рисунок 3.4 – Схема взаимодействия субъектов ЦОС с мультимодальными данными

Рассмотрим пример реализации общей схемы ЦОС с описанием архитектуры по всем компонентам ЭИОС (рисунок 3.5).

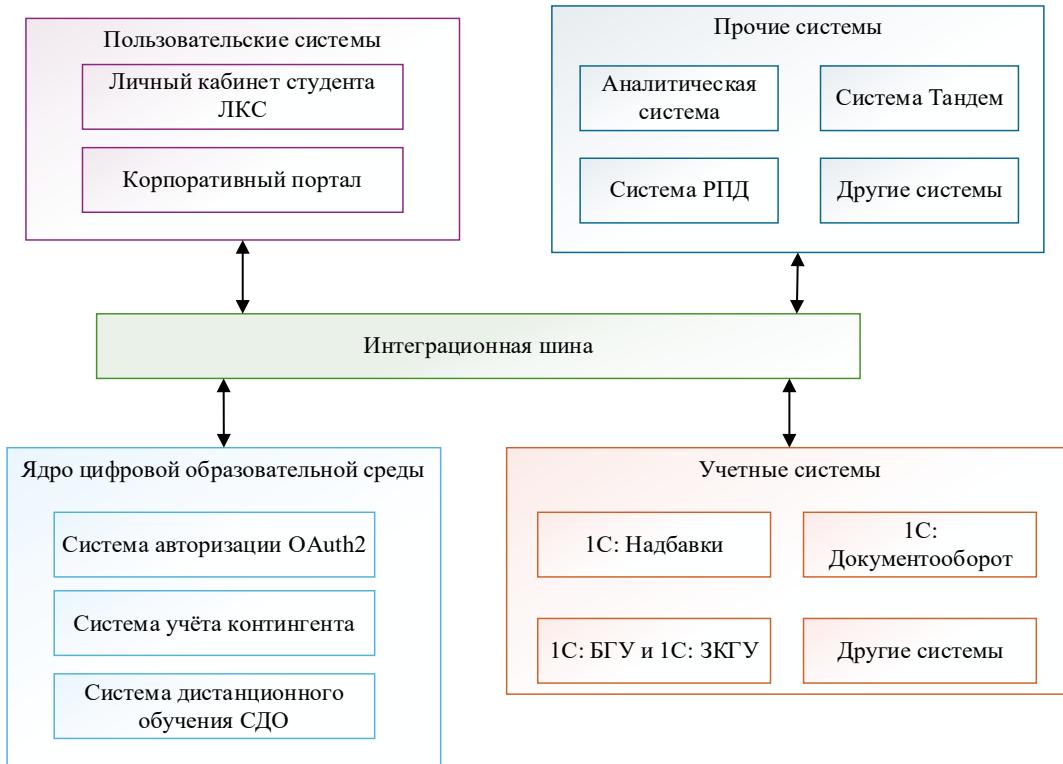


Рисунок 3.5 – Схема архитектуры ЦОС

В основе архитектуры информационных систем вуза лежит интеграционная шина (ESB), которая обеспечивает централизованный обмен данными между всеми информационными системами.

Архитектура включает четыре основных блока систем:

1. Ядро ЦОС, состоящее из:

- Системы авторизации на базе OAuth2, обеспечивающей единую точку аутентификации пользователей.
- Системы учёта контингента для управления данными.
- Системы дистанционного обучения (СДО) для реализации электронного обучения.

2. Учетные системы, представленные линейкой продуктов 1С:

- 1С: Надбавки для расчета дополнительных выплат.
- 1С: Документооборот для управления документацией.
- 1С: БГУ и 1С: ЗКГУ для ведения бухгалтерского учета.
- Другие системы.

3. Пользовательские системы:

- Личный кабинет студента (ЛКС) для доступа субъектов к цифровым сервисам.

- Корпоративный портал для внутреннего информационного взаимодействия.

4. Прочие системы:

- Аналитическая система для обработки и анализа данных.

- Система Тандем для управления образовательным процессом.

- Система РПД для работы с РПД.

- Другие вспомогательные системы.

Все компоненты взаимодействуют через интеграционную шину, что обеспечивает:

- Централизованный обмен данными между системами.

- Единый подход к интеграции новых компонентов.

- Стандартизацию форматов данных.

- Контроль и мониторинг информационных потоков.

Такая архитектура позволяет создать единое информационное пространство вуза, где каждая система выполняет свои специализированные функции, при этом обмениваясь необходимыми данными с другими компонентами через централизованную шину интеграции (рисунок 3.6).

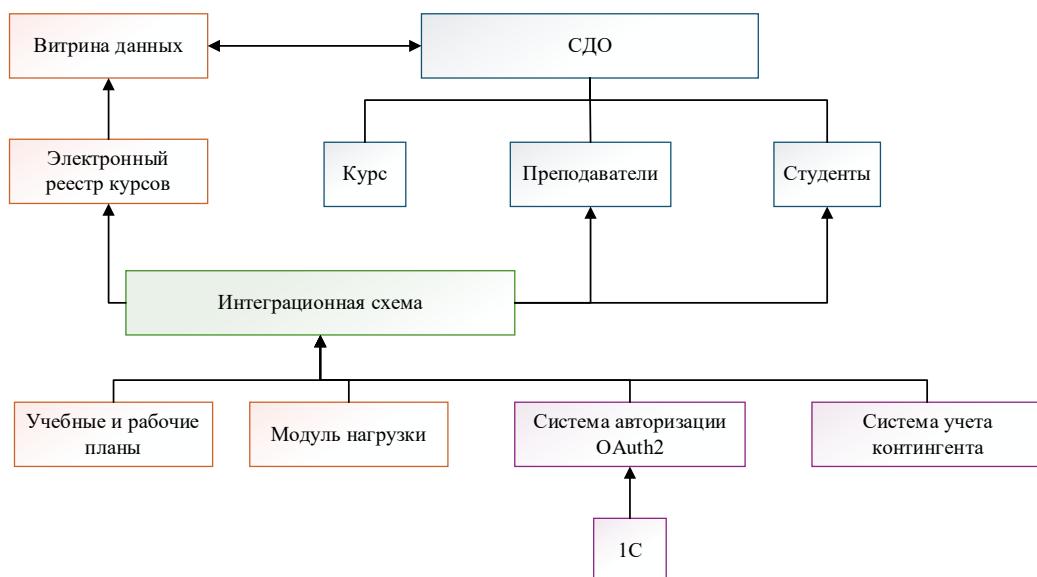


Рисунок 3.6 – Архитектура взаимодействия СДО как элемента ЦОС

СДО включает три ключевые сущности: курсы, студенты и преподаватели. Каждая из этих сущностей интегрируется с внешними системами через различные механизмы взаимодействия.

Интеграция курсов реализована следующим образом:

- Исходные данные формируются в модулях "Нагрузка" и "Учебные и рабочие планы".
 - Через интеграционную шину данные поступают в электронный реестр курсов.
 - На основе реестра формируется витрина данных.
 - СДО напрямую взаимодействует с витриной данных для настройки и актуализации курсов.

Работа с данными субъектов происходит по следующей схеме:

- Базовая авторизация и идентификация через систему OAuth2.
- Дополнительные данные о группах и статусе обучения поступают из системы учёта контингента.

- Все данные проходят через интеграционную шину в СДО.

Управление данными субъектов организовано следующим образом:

- Вся информация поступает из системы авторизации.
- Система авторизации, в свою очередь, получает данные из системы 1С.
- Подключение преподавателей к курсам происходит через электронный реестр курсов.

Интеграционная шина выступает центральным звеном, обеспечивая:

- Маршрутизацию данных между системами.
- Преобразование форматов данных.
- Контроль целостности передаваемой информации.

Такая архитектура позволяет обеспечить актуальность данных в СДО и автоматизировать большинство процессов по их обновлению, при этом сохраняя возможность ручной корректировки через витрину данных там, где это необходимо.

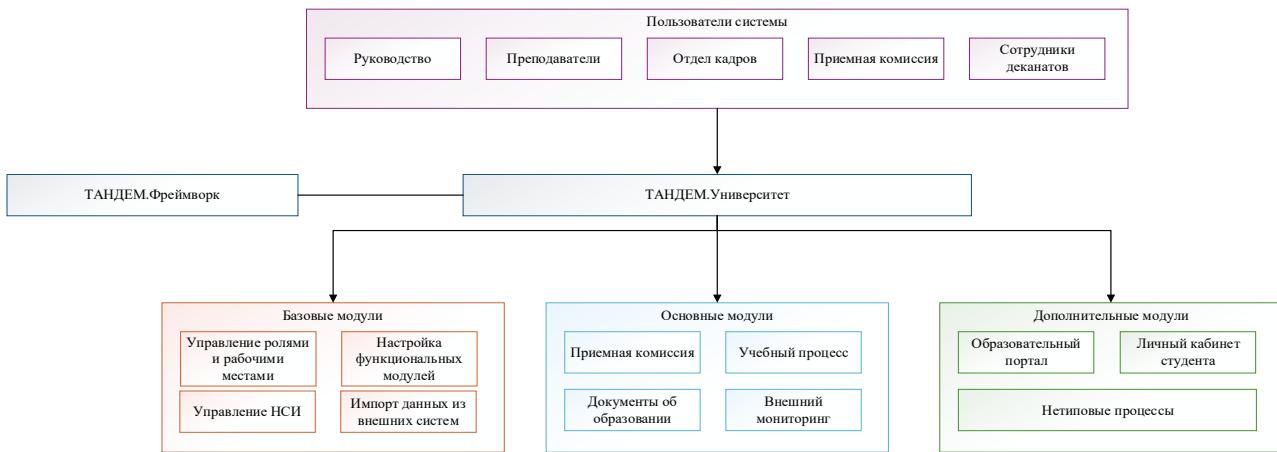


Рисунок 3.7 – Архитектура системы ТАНДЕМ.Университет как элемент ЦОС

ТАНДЕМ.Университет представляет собой комплексную систему, построенную на базе ТАНДЕМ.Фреймворк, и включает три основные группы модулей (рисунок 3.7):

Базовые модули (обязательные для установки):

- Управление ролями и рабочими местами пользователей.
- Инструменты настройки функциональных модулей.
- Управление нормативно-справочной информацией (НСИ).
- Функционал импорта данных из внешних систем.

Основные модули, охватывающие типовые процессы:

- Управление приемной комиссией.
- Ведение учебного процесса.
- Работа с документами об образовании.
- Взаимодействие с системами внешнего мониторинга.

Дополнительные модули для специфических задач:

- Образовательный портал для взаимодействия участников образовательного процесса.

- Мобильное приложение "Личный кабинет студента".
- Модули для автоматизации нетиповых процессов.

Система обеспечивает работу различных категорий субъектов:

- Руководящий состав.
- ППС.

- Сотрудники деканатов.
- Работники отдела кадров.
- Сотрудники приемной комиссии.

Модульный принцип построения системы позволяет гибко конфигурировать её под потребности конкретного учебного заведения и при необходимости расширять функциональность.

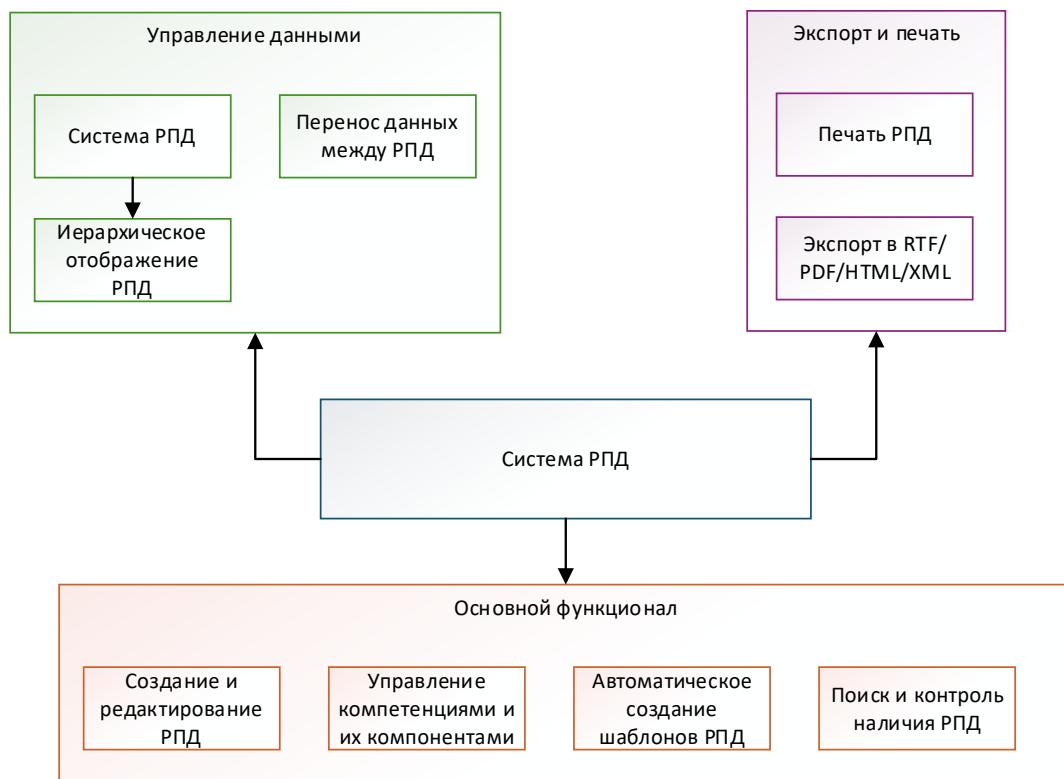


Рисунок 3.8 – Архитектура системы РПД в ЦОС

ПО РПД представлено в двух версиях - десктопной и веб-версии, и включает следующие основные компоненты (рисунок 3.8):

Основной функционал системы:

- Создание и редактирование РПД.
- Управление компетенциями и их компонентами (знания, умения, владения).
- Автоматическое создание шаблонов РПД на основе учебных планов.
- Поиск и контроль наличия программ по дисциплинам.

Управление данными обеспечивается через:

- Централизованное серверное хранилище РПД.
- Иерархическое отображение структуры программ.
- Механизмы переноса данных между различными РПД.

Функции экспорта и вывода данных:

- Печать рабочих программ с возможностью настройки шаблонов.
- Экспорт документов в различные форматы (RTF, PDF, HTML, XML).

Система автоматически получает данные из учебных планов, позволяет работать с внешними источниками литературы и обеспечивает полный цикл создания и управления РПД с возможностью их последующего экспорта в различные форматы.

Анализ схем показывает, что система, ориентирована преимущественно на учет и контроль. Отсутствие интеграции данного принципа в ядро системы может ограничивать эффективность реализации учебного процесса в ЦОС.

Архитектура системы РПД является по сути, системой документооборота и репозиторием для учебно-методических документов. Ее ключевые функции явственно следуют из названий блоков схемы, а именно:

- 1) «Создание и редактирование РПД» = структурирование, наполнение и формализация учебного плана;
- 2) «Управление компетенциями» = систематизация целевых показателей обучения;
- 3) «Автоматическое создание шаблонов, поиск и контроль» = автоматизация административной работы с документами.

Рассмотрим структуру реализации АОС в ЦОС (рисунок 3.9).

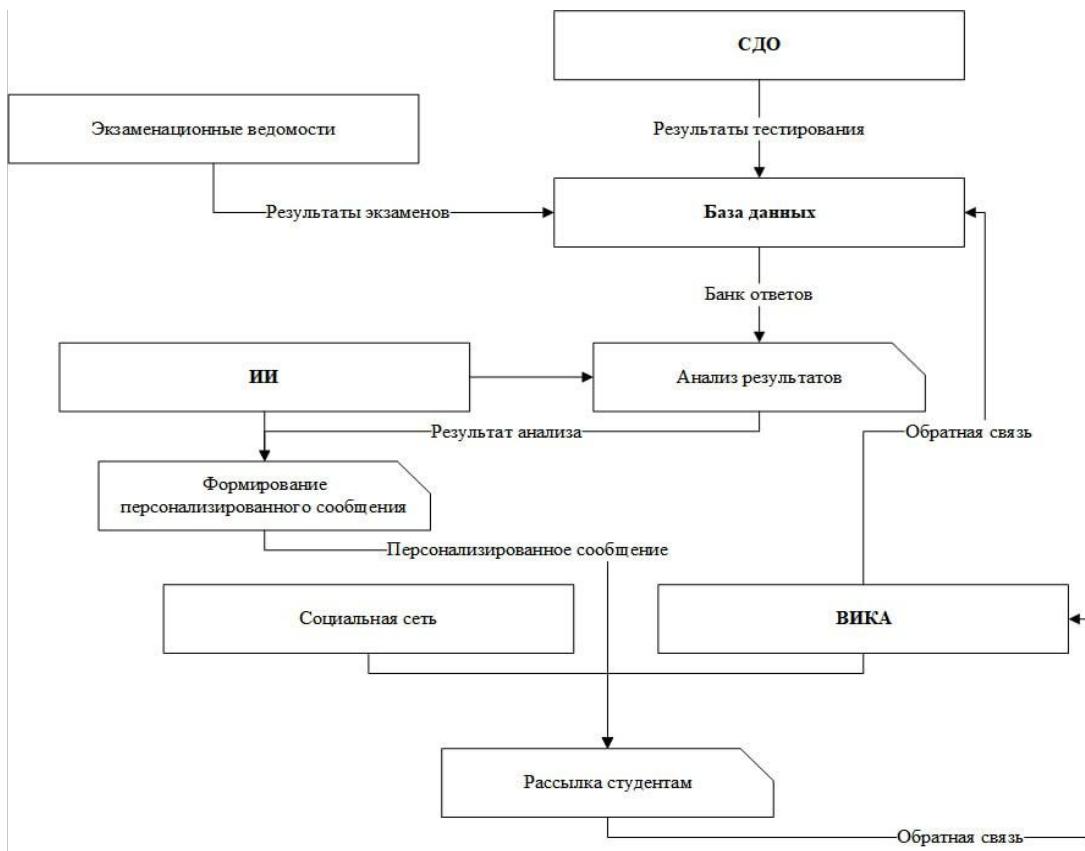


Рисунок 3.9 – Схема реализации АОС в ЦОС

АОС реализуется через разработанное ПО, используемое в учебном процессе с обращением к базе данных, в которой хранятся как результаты взаимодействия сценариев в АОС, так и методические материалы по разделам курсов. Формирование персонализированных ответов осуществляется с применением ТИИ в контексте задачи классификации, а именно бинарная классификация с разделением необходима обратная связь или нет. Отправка персонализированных сообщений осуществляется через элементы: социальная сеть и ВИКа. Таким образом, для студентов, нуждающихся в дополнительной помощи, устанавливается прямой канал связи через социальные сети или образовательные платформы. Прямой канал обратной связи не только помогает преподавателям понять проблемы студентов, но и позволит своевременно скорректировать методы и материалы курса.

Схема на рисунке 3.9 показывает взаимосвязь элементов при реализации обратной связи «преподаватель – студент». Основными элементами являются:

- СДО;

- ВИКА - виртуальный информационно-коммуникационный ассистент.
- ИИ;
- социальные сети.

Модифицированная архитектура ЦОС с дополненными компонентами для реализации АОС представлена на рисунке 3.10 [324].

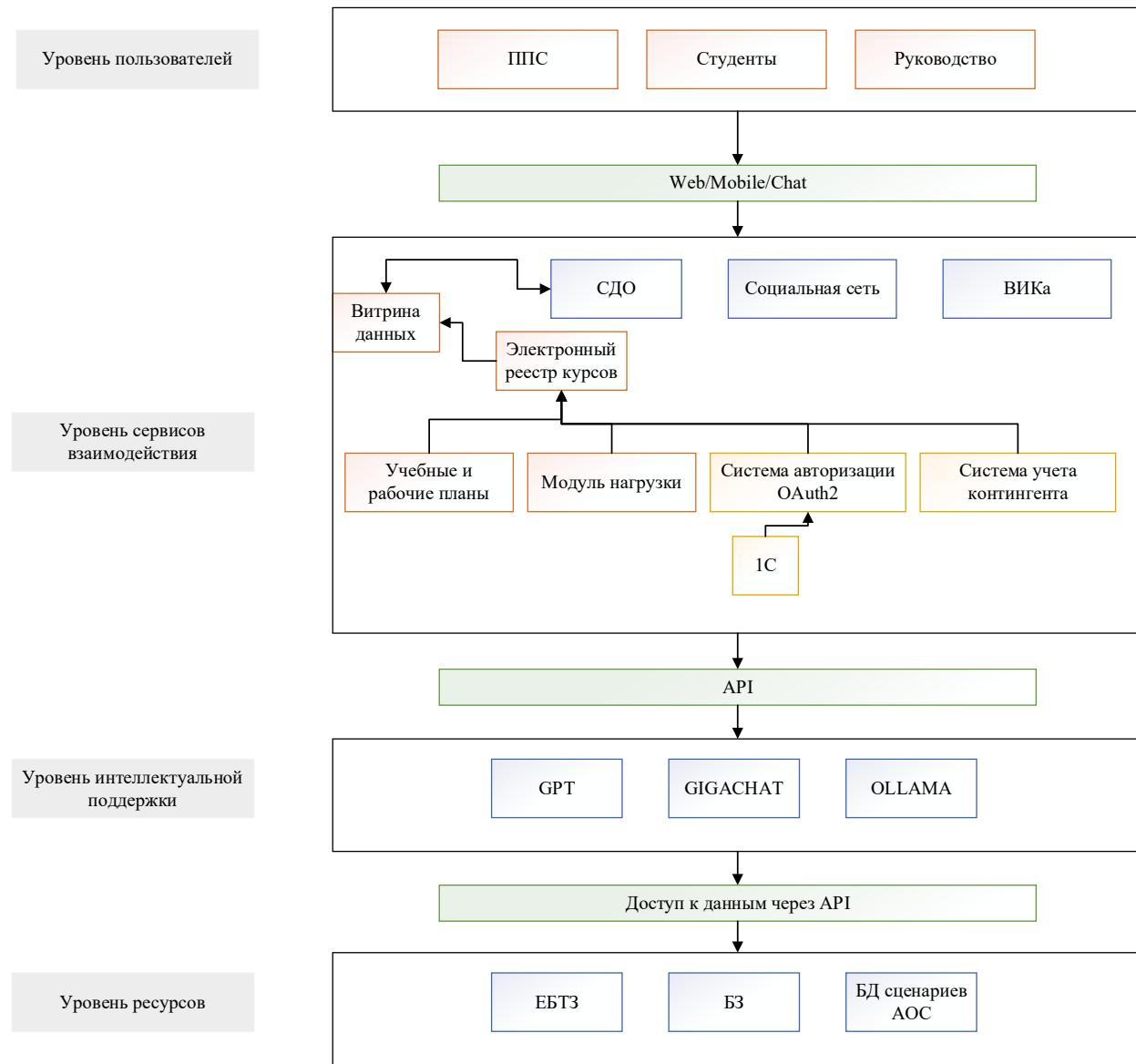


Рисунок 3.10 – Модифицированная архитектура ЦОС

В модифицированной архитектуре ЦОС ключевым аспектом является не только интеграция компонентов для интеллектуального взаимодействия субъектов ЦОС, но и унификация по единым форматам с согласованной структурой метаданных образовательного контента, единые форматы хранения данных, а также стандартизованные протоколы обмена данными между

компонентами. Унификация обеспечивает логическую и функциональную взаимосвязь компонентов: СДО, хранение данных (единая СУБД с учебными заданиями, БД с эталонными сценариями и фактическими), аналитический модуль обработки сценариев (аналитический модуль и АОС в АИС ППР).

Таким образом, модифицированная архитектура с интеллектуальным сопровождением субъектов ЦОС и модульной АИС ППР обеспечивают единое информационное пространство для реализации эффективной АОС и ППР субъектами образовательной среды.

На «Уровне пользователей» появляется «Web/Mobile/Chat» – это ключевой канал для доставки АОС. Раньше пользователь действовал в системе, но не получал от нее прямого, оперативного отклика. Теперь, например обучающийся, может задать вопрос в чате о материале курса. Затем LLM-модель (например, GPT), получив через API-контекст из СДО и электронного реестра курсов, формирует развернутый ответ. Обратная связь приходит мгновенно, прямо в процессе обучения, что решает проблему своевременности при взаимодействии субъектов ЦОС.

Таким образом, в архитектуре на Рисунке 3.10 не просто присутствует, а технологически реализуется АОС; в ней появились все необходимые компоненты: интеллект (LLM-модели) для анализа и генерации контента, данные (через API) для обеспечения контекста, канал (WebMobile Chat) для оперативной доставки. Это принципиально меняет роль ЦОС – предложенная архитектура трансформирует ЦОС из пассивной инфраструктуры (хранилища и доставщика контента) в активного, интеллектуального участника-субъекта образовательного процесса, способного вступать в диалог с другими субъектами ЦОС, что является сутью настоящей АОС.

Проведем сравнительный анализ существующих и синтезированной организационно-технической структуры на предмет эффективности взаимодействия субъектов ЦОС и прогнозируемого на ее основе роста качества обучения. Сразу отметим ключевые архитектурные различия, которые в последующем и определят различную эффективность взаимодействия.

1) Гипотетическое архитектурное решение ЦОС с АОС:

- многоуровневая архитектура с AI-сервисами;
- микросервисная архитектура для модулей анализа;
- API для интеграции ML-моделей;
- система сбора и обработки данных в реальном времени;
- персонализированные контейнеры обучения.

2) Инфраструктурное архитектурное решение ЦОС:

- монолитная или модульная архитектура;
- статические базы знаний и контента;
- линейные образовательные траектории;
- единые интерфейсы для всех пользователей.

Описанные требования к архитектуре ЦОС в условиях многопоточности с реализацией АОС и формированием СУБД можно представить следующим образом (рисунок 3.11).

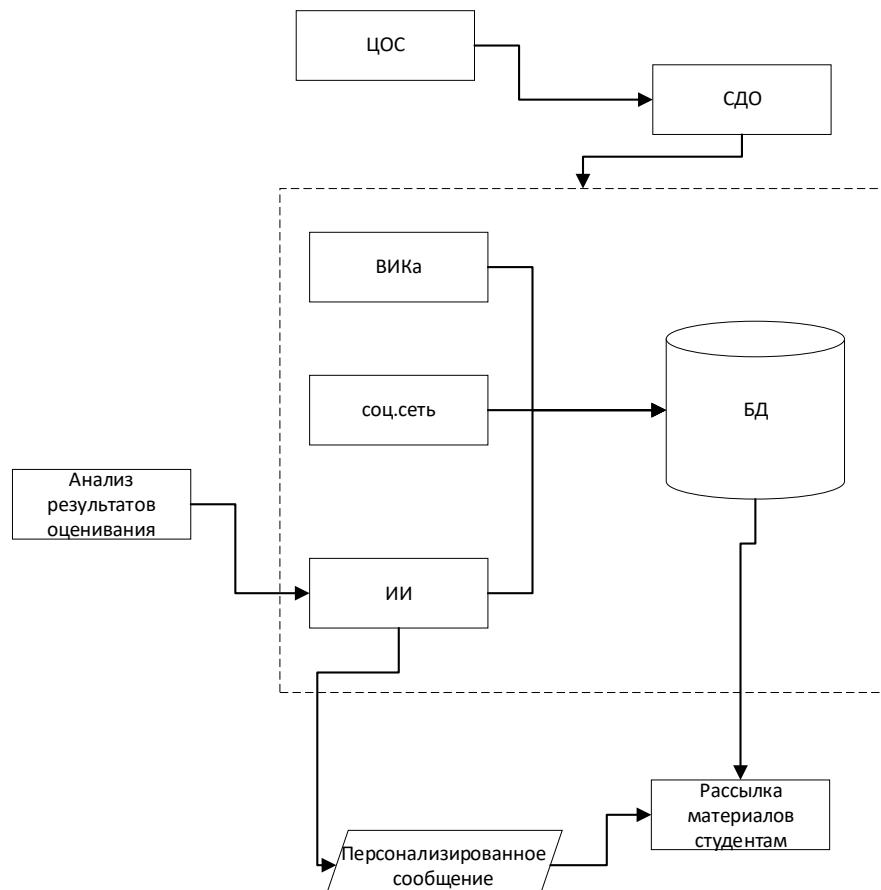


Рисунок 3.11 – Схема взаимосвязи дополненных компонентов для АОС с элементами архитектуры ЦОС

Методы машинного обучения для классификации ошибочных и верных ответов применяются на этапе анализа в алгоритме обратной связи. В свою очередь обратная связь генерируется на основе выявленных системных ошибок, идентифицированных при анализе ИИ, и предназначена для направления студента к ресурсам и материалам курса, которые предоставляют дополнительную информацию в области, вызывающей затруднения. Организацию хранения в системе управления БД в контексте элемента модифицированной архитектуры ЦОС в виде информационной модели можно представить в следующем виде (рисунок 3.12) [48,104,122,246-252,302-306].

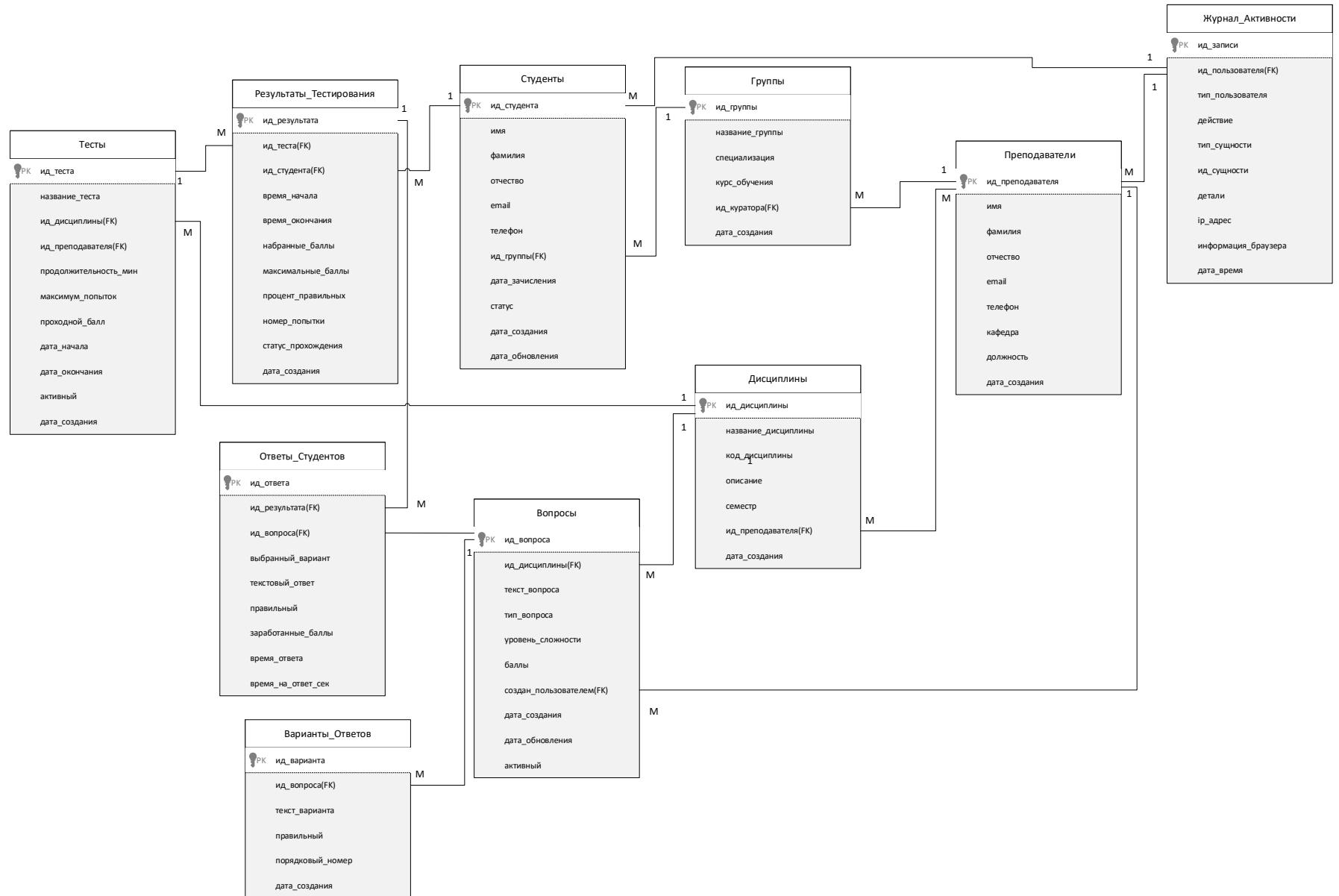


Рисунок 3.12 – Информационная модель БД в модифицированной архитектуре ЦОС

Описание сущностей можно представить в табличном виде (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Описание сущностей БД

Имя сущности	Описание атрибутов
Студент	ФИО, адрес электронной почты студента для авторизации и уведомлений, контактный номер телефона для связи и дополнительной аутентификации, дата поступления студента в учебное заведение, текущий статус студента (активный, отчислен, академический отпуск, выпускник), системная дата создания записи о студенте в базе данных, системная дата последнего обновления данных студента
Группа	Официальное наименование группы, направление подготовки или специальность группы, текущий курс обучения, системная дата формирования группы в базе данных
Преподаватель	ФИО, служебный адрес электронной почты для авторизации и коммуникации, контактный номер телефона для связи с администрацией и студентами, наименование кафедры, к которой относится преподаватель, академическая должность (доцент, профессор, ассистент, старший преподаватель), системная дата регистрации преподавателя в базе данных
Дисциплина	Полное наименование дисциплины согласно учебному плану, уникальный код дисциплины для идентификации в учебных планах, развернутое описание содержания и целей изучения дисциплины, системная дата добавления дисциплины в базу данных
Вопросы	Полный текст вопроса, включая формулировку задания, тип вопроса (одиночный выбор, множественный выбор, текстовый, числовой), градация сложности вопроса (легкий, средний, сложный), количество баллов, начисляемых за правильный ответ на вопрос, системная дата создания вопроса в базе данных, системная дата последнего редактирования вопроса, логический флаг, определяющий доступность вопроса для использования
Варианты ответов	Текстовое содержание варианта ответа, отображаемое студенту, логический флаг, определяющий корректность данного варианта ответа, численный порядок отображения варианта в списке ответов, системная дата создания варианта ответа в базе данных

Продолжение таблицы 3.4

Тесты	Наименование теста, отображаемое студентам и в отчетах, максимальное время прохождения теста в минутах, допустимое количество попыток прохождения теста студентом, минимальный балл для успешного прохождения теста, дата и время начала доступности теста для студентов, дата и время окончания доступности теста для прохождения, логический флаг, определяющий доступность теста для прохождения, системная дата создания теста в базе данных
Результаты тестирования	Точная дата и время начала прохождения теста, точная дата и время завершения или прекращения теста, фактическое количество баллов, набранных студентом, максимально возможное количество баллов за тест, процентное соотношение правильных ответов к общему количеству, порядковый номер попытки прохождения теста данным студентом, состояние теста (в процессе, завершен, прерван по времени, отменен), системная дата создания записи о результате в базе данных
Ответы студентов	Текст ответа студента для открытых вопросов, логический флаг корректности данного ответа, количество баллов, начисленных за данный ответ, точная дата и время предоставления ответа, количество секунд, затраченных на обдумывание ответа
Журнал активности	Категория пользователя (студент, преподаватель), описание выполненного действия (вход, создание теста, прохождение теста), тип объекта, с которым производилось взаимодействие, идентификатор конкретного объекта, подвергшегося изменению, дополнительная информация о действии в формате JSON, IP-адрес, с которого было выполнено действие, данные о браузере и операционной системе пользователя, точная дата и время совершения действия

Анализ результатов по применяемым элементам модифицированной архитектуры показал, что наибольший отклик был зафиксирован при использовании мессенджер-каналов: сообщения, доставленные через ВИКа, демонстрировали 72 % вовлечённости (ответное действие в течение 24 часов), по сравнению с 48 % для стандартных LMS-уведомлений. Результаты представлены на рисунке 3.13.

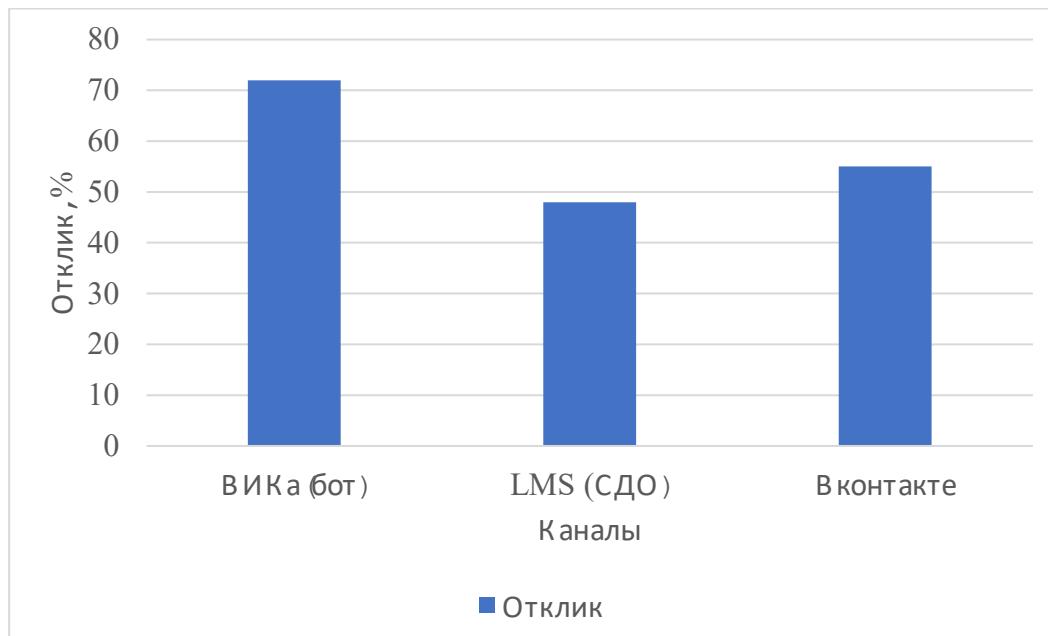


Рисунок 3.13 – Результаты сравнения применения элементов АОС в модифицированной архитектуре ЦОС

Полученные результаты подтверждают целесообразность включения элементов в модифицированную архитектуру. Предложенный вариант архитектуры позволит реализовать принцип непрерывной и АОС [48,246-253].

3.3 Рекомендации по внедрению модифицированной архитектуры цифровой образовательной среды

С учетом предложенных компонентов модифицированной архитектуры на уровне инфраструктуры (базового) слоя, включающего облачные сервисы с подсистемами хранения и обмена данными, а также на уровне сервисов и платформ образовательного процесса и контента опишем рекомендации по внедрению модифицированной ЦОС.

1. Обеспечение открытого доступа к цифровой инфраструктуре.
2. Доступность программной инфраструктуры. Все субъекты образовательного процесса должны иметь доступ к ресурсам образовательного учреждения. В платформе СДО как для студентов, так и для ППС и руководства структурных подразделений. Вход осуществляется через личный кабинет с

учетом разграничений прав доступа и соответствующий функционал по разделению на роли: руководство, ППС, студенты, сотрудники кафедры, методисты. К цифровой инфраструктуре относятся: корпоративная электронная почта, специализированное и прикладное ПО.

3. Обеспечение наличия в составе учебных планов и РПД электронных библиотек, виртуальных лабораторий, электронных учебников из информационного библиотечного фонда учебного заведения. В содержании учебных дисциплин также необходимо предусмотреть модули, обеспечивающие формирование ИКТ-компетенций.

4. Проверка технических возможностей учреждения для обеспечения одновременного доступа участников образовательного процесса ко всем ресурсам, программам и платформам в штатном режиме без сбоев и потери данных.

5. Организация и проведение обучающих курсов для участников ЦОС в случае обновления, актуализации программных сред и инструментов, своевременное обновление материалов, инструкций по работе с компонентами ЦОС.

Применение модифицированной архитектуры ЦОС с применением интеллектуального анализа взаимодействия субъектов ЦОС и технологий ИИ для систематизации информационных потоков в образовательной среде включает несколько ключевых компонентов:

- разработку платформы для тестирования;
- интеграцию с системами управления обучением (LMS);
- бэкэнд для анализа ИИ;
- механизмы обратной связи и коммуникации.

Требования к платформе:

- Пользовательский интерфейс (UI). В платформе СДО реализована интеграция с LMS: платформа должна легко интегрироваться с существующей LMS, чтобы использовать данные о студентах и материалы курса, а также облегчить автоматическое развертывание заданий, материалов, тестов [111,121,282].

Технологический стек:

- Фронтенд: ReactJS или Angular для создания отзывчивого веб-приложения.
- Бэкэнд: Node.js с Express для обработки API-запросов и Python для запуска моделей ИИ и машинного обучения.
- БД: MongoDB или PostgreSQL либо другая БД, для хранения тестовых вопросов, ответов студентов и результатов анализа.
- Операции ИИ/ машинного обучения: TensorFlow или PyTorch для разработки моделей машинного обучения и scikit-learn для предварительной обработки и анализа данных.

При проектировании архитектуры ЦОС и дальнейшем применении АИС ППР учитывали действующие в Российской Федерации нормативные требования, в частности: ФЗ №152 «О персональных данных» - обработка персональных данных студентов осуществляется с применением анонимизации, что исключает передачу персонально-идентифицируемой информации в сторонние сервисы, Приказ ФСТЭК России №21 «Об утверждении Состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» (разграничение доступа, журналирование действий пользователей). Взаимодействие с ChatGPT, Telegram строится при локальной эксплуатации моделей.

Опишем этапы рекомендаций по применению модифицированной архитектуры ЦОС в условиях многопоточности.

1. Субъект (ППС, сотрудник кафедры, методист) после распределения материалов для подготовки к учебному процессу между ППС в СДО и по мере их готовности осуществляет проверку на наличие в области дисциплины соответствующих материалов. Пример наполнения рабочей области дисциплины показан на рисунке 3.14.

Вопросы

Банк вопросов

Выберите категорию:

Категория по умолчанию

Фильтры тегов не применены

Фильтр по тегам...

Отображать текст вопроса

Параметры поиска

Также отображать в списке

Также отображать в карточках

Создать новый вопрос

Тип Вопрос

Название вопроса

Номер

Ошибка модели в МО

Этап анализа данных

По умолчанию для Шаблон (44)

Курс: Технологии и инструментарий машинного обучения 1/2 [I.24-25]_56

Верхний уровень для Технологии и инструментарий машинного обучения (часть 1/2) [I.24-25]

По умолчанию для Шаблон (44)

Лекция_1_Смоленцева (9)

Лекция_2 (8)

Лекция 3 (9)

Лекция_4 (9)

Лекция 5 (9)

Тест на практических занятиях (60)

Область для загрузки теста с практики (1)

Лекция 6 (8)

Лекция 7 (7)

Категория: Кафедра прикладной математики

Верхний уровень для Кафедра прикладной математики

По умолчанию для Кафедра прикладной математики

Рисунок 3.14 – Пример наполнения материалами рабочей области дисциплины

Взаимодействие субъектов образовательного процесса с компонентами в ЦОС можно представить следующим образом (рисунок 3.15) [253-262].

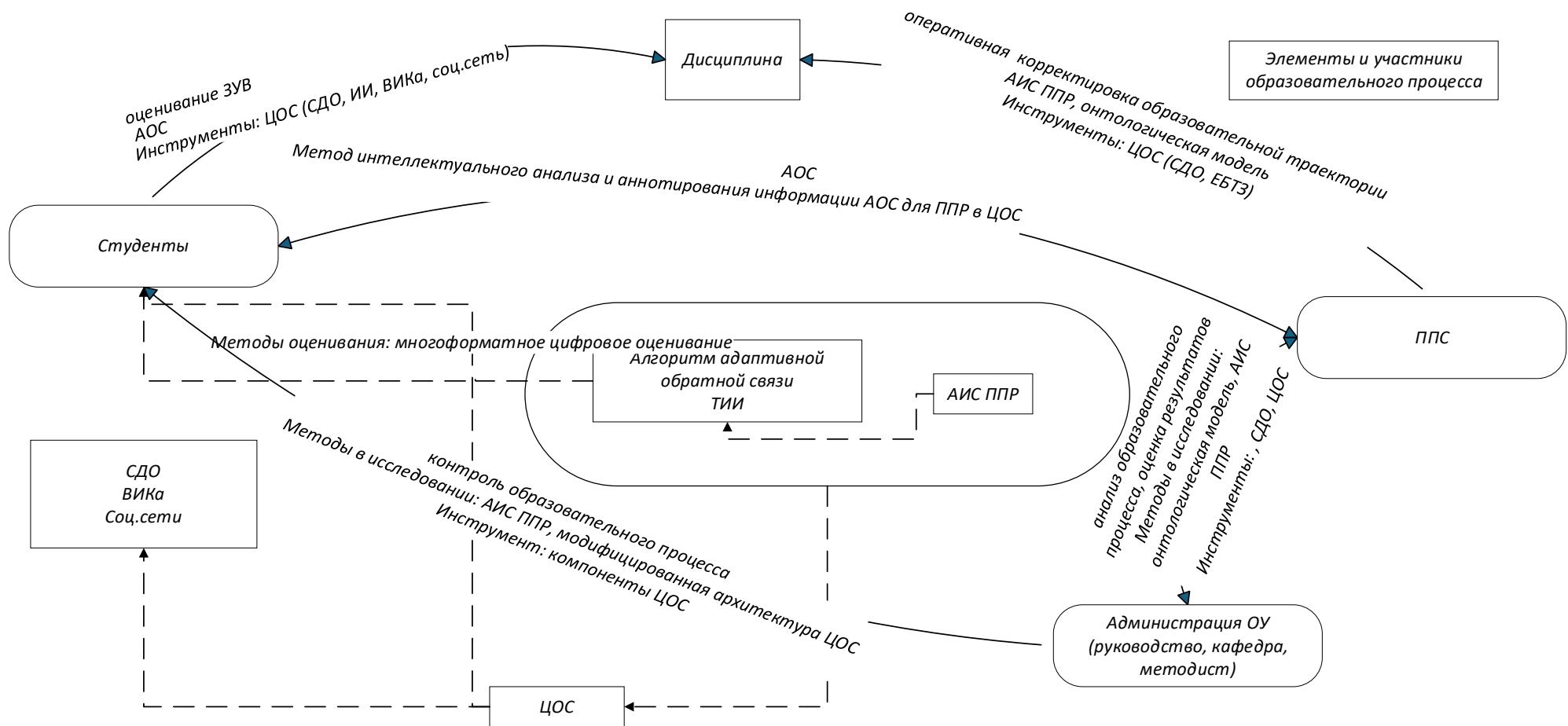


Рисунок 3.15 – Схема взаимодействия субъектов с компонентами в ЦОС

Анализ эффективности взаимодействия субъектов приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Анализ результатов оценки эффективности взаимодействия субъектов в ЦОС

Направление анализа	Категория субъектов: без АОС и с АОС (Б _{АОС} , С _{АОС})	Показатели	Значения показателей из ЦОС	Описание по расчетным показателям
Индекс активности	Б _{АОС}	Среднее количество сообщений	2,1	$I = \frac{S + V + O}{T}$ Индекс активности: Б _{АОС} : 0,16 С _{АОС} : 0,49
		Среднее число вопросов	0,9	
		Среднее количество откликов	1,8	
	С _{АОС}	Среднее количество сообщений	6,5	
		Среднее число вопросов	3,1	
		Среднее количество откликов	5,2	
Статистика	Б _{АОС}	Средняя оценка	68	$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
		Дисперсия	62,5	
		СКО	7,9	
	С _{АОС}	Средняя оценка	77,3	
		Дисперсия	32,4	
		СКО	5,7	

Оценка оперативности взаимодействия в ЦОС осуществлялась на основании показателей взаимодействия в модифицированной архитектуре с определением насколько быстро, точно и стабильно система реагирует на запросы пользователей (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Описание значений показателей оценки компонентов

архитектуры ЦОС

Показатель	Значение (SLA)	Описание
Время отклика интерфейса	3..5 (с.)	Характеристика ожидания загрузки
Доступность сервисов	99,4/99,8 % (нед. / мес.)	Частота сбоев сервисов в разрезе периода (отказоустойчивость) (0,2-0,6)
Время реакции на прямую связь	10..15 (сек. в сценарии, мин. в АОС)	Время обработки информации по прямой связи (системой/субъектом ЦОС)
Время получения обратной связи	1..2 ч.	Время реакции при обратной связи (адаптивная реакция) субъекта АОС
Уровень выполнения	94,5% (на примере 1 сценария АОС)	% своевременно обработанных запросов системой

Специфика единиц измерения в характеристиках анализа оперативности связана с особенностями предметной области, а именно образовательной среды. Анализ характеристик на основе данных из модифицированной архитектуры показывает стабильное взаимодействие с минимизацией сбоев системы и своевременную реакцию при АОС как при прямой, так и обратной связи субъектов и реакции сервисов архитектуры.

Выводы по главе 3

В третьей главе диссертационного исследования проведен анализ предложений и существующих подходов к наполнению структуры и компонентов ЦОС.

Проанализирована типовая архитектура ЦОС. Приведено описание технических характеристик элементов и их взаимосвязи как структурных компонентов архитектуры ЦОС.

Для реализации АОС с инструментами интеллектуального распределения информационных потоков предложена модифицированная архитектура ЦОС с инструментами:

- социальные сети для передачи информации и взаимодействия участников образовательного процесса;
- виртуальный информационно-коммуникационный ассистент для установления связи между участниками образовательного процесса и платформой, содержащей учебно-методические материалы и результаты промежуточных этапов оценивания знаний по элементам содержания учебных дисциплин;
- СДО для размещения учебных материалов и банка тестовых заданий с организацией хранения результатов оценивания студентов;
- база знаний и СУБД для реализации образовательного процесса и анализа цифрового следа участников.

В данной главе сформулированы рекомендации применения модифицированной архитектуры ЦОС. Приведены примеры функциональных возможностей образовательной платформы.

Проанализированы результаты эффективного взаимодействия участников учебного процесса. Анализ результатов, подтверждающих эффективность взаимодействия участников учебного процесса с применением ЦОС проводили по показателю оперативность с временем отклика ресурсов и сервисов компонентов модифицированной архитектуры.

Таким образом, управление учебным процессом может осуществляться на более высоком уровне, если обеспечить применение компонентов модифицированной архитектуры ЦОС.

В следующей главе диссертации будет описан метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС с автоматическим цифровым оцениванием и применением ТИИ, обеспечивающий точность и интерпретируемость ПР при реализации АОС за счет автоматической классификации и аннотирования действий субъектов цифровой среды.

ГЛАВА 4. МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И АННОТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ АДАПТИВНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

4.1 Структура метода интеллектуального анализа информации в цифровой образовательной среде

Подходы и инструменты интеллектуального анализа и в целом обработки информации на сегодняшний день получили широкое применение в различных сферах и предметных областях. Технологии ИИ осуществляют сбор данных из различных источников обратной связи: социальных сетей, обзоров, служб поддержки пользователей. В управлении проектами применяются интеллектуальные планировщики, а именно системы планирования времени относительно встреч в рамках проектов, в которых ИИ анализирует приоритетность задач с предложением временных интервалов для встреч. используются виртуальные ассистенты для управления командой и взаимодействии с коллективом при планировании задач и контролем статуса их выполнения. Такие ассистенты анализируют данные в ходе работы над проектами с формированием рекомендаций по улучшению (оптимизации) процессов. В целом при коммуникации пользователей применяются [165-168,214]:

- автоматизация обратной связи с помощью AI – ботов. Боты автоматически осуществляют обработку запросов и отзывов пользователей (клиентов), предоставляют быстрые ответы на типовые вопросы. Стоит обратить внимание, что чаще такие «быстрые» ответы носят информационный характер без адаптивной настройки в режиме реального времени;

- системы умной маршрутизации на основе ИИ, осуществляют анализ входящих запросов пользователей и реализуют переадресацию исходя из контекста сообщений в службы по семантической близости решаемых задач, что оптимизирует связь пользователя со специалистом;

- рекомендательные системы на базе ИИ, анализируют поведение клиентов, историю покупок и в целом предпочтения для последующего предоставления персонализированных рекомендаций по продуктам или услугам компаний. Рассмотрим анализ методов, структуру и назначение (роль) в обратной связи без привязки к конкретной предметной области (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Анализ методов интеллектуальной обработки информации в обратной связи

Метод	Описание	Назначение в обратной связи
Лингвистический анализ NLP – модели.	Задачи: распознавание речи (голосовые помощники), генерация текста, анализ тональности, распознавание именованных сущностей. Морфологический разбор, синтаксический парсинг и извлечение ключевых слов (E-Rater).	Выявление лексических ошибок, формирование рекомендаций.
Модели на основе машинного обучения.	Градиентный бустинг (XGBoost), SVM, нейронные сети. Сопоставление ответов с эталонными паттернами.	Оперативная классификация с разделением на корректные и некорректные ответы.
Глубокие нейронные сети. Трансформеры.	encoder – архитектура, GPT и т.д. Применимы в системах интерактивного обучения.	Интерпретация ответов в свободной форме, формирование контекстно-зависимых комментариев, анализ ошибок.
Семантические сети, онтологический анализ.	Построение онтологической предметной области, сопоставление ответов. Онтологическая структура для анализа содержательных ответов.	Выявление неполных ответов, не раскрывающих структуру.
Методы мультимодальной обработки данных.	Анализ аудио и видео потоков (речь, поведенческие данные: клики, время ответа) (Knewton, Squirrel AI).	Определение вовлеченности с адаптацией рекомендаций.

Архитектура платформы Knewton построена на основе сервис-ориентированного подхода. К основным элементам относятся:

- уровень API для вопросов аутентификации с перенаправлением запроса внутреннему сервису;
- ядро платформы обрабатывают основную информацию по структуре контента;
- системы сбора и вывода данных обобщают информацию с настройкой параметров контента;
- система персонализации с оценкой стратегии пользователей системы.

В процессе работы алгоритма осуществляется анализ по сотням параметров с предложением оптимальной структуры и формата информации по уровням сложности.

Платформа персонализированного обучения Squirrel AI включает следующие элементы архитектуры:

- микроадаптивный двигатель обучения с построением карты знаний из тысячи микроточек для идентификации пробелов;
- обратная связь с аналитикой производительности, позволяет осуществлять мониторинг взаимодействия обучающихся с системой;
- интеллектуальные диагностические тесты для реализации входного тестирования с целью диагностики исходного уровня знаний;
- интерактивные инструменты обучения с инфографикой, интерактивными тестами и визуализацией обучающей информации.

Анализ функционального распределения применения обратной связи можно обобщить следующим образом (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Анализ функционального распределения по применению обратной связи

Тип обратной связи	Назначение и типы алгоритмов	Описание данных	Назначение
Оценочная	ML-регрессия, классификация. Квантитативная оценка качества, состояния	Числовые метрики, текст	Автоматизированная оценка эссе
Диагностическая	Семантическое сопоставление. Выявление ошибок, пробелов	Лог-файлы, текст	Auto Tutor диагностика неполноты данных
Рекомендательная	Байесовские алгоритмы. Выбор следующего шага (действия)	Контентная метка, профиль пользователя	Knewton персонализирует контент
Аффективная	Мультимодальный анализ. Поддержка вовлеченности	Сигналы взаимодействия	Affective ITS адаптация к состоянию обучающихся
Предиктивно-профилактическая	Прогностические модели. Предупреждение отказов (рисков)	Сенсоры, временные ряды	PdM в промышленности

К основным этапам как анализируемых методов интеллектуальной обработки информации, так и в разрабатываемом в исследовании можно отнести:

1. Захват данных.
2. Нормализация и аннотирование.
3. Моделирование состояния и поведения объекта (пользователя).
4. Сопоставление с требованиями, целями, уровнями.
5. Генерация сценариев обратной реакции.
6. Регистрация откликов и обучение модели.

Обобщим результаты анализа интеллектуальной обработки информации по различным предметным областям (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Анализ применения методов интеллектуальной обработки информации с учетом критериев по предметным областям

Направление	Время реакции	Вес ошибки	Тип данных	Необходимость интерпретации	Требование к персонализации
Образование	минуты (часы)	средний	логи, текст	поясняющая	высокий
Медицина	секунды (минуты)	высокий	структурированные данные	высокая степень описания (пояснения)	средний
Промышленность	реальное время	высокий	сенсоры, временные ряды	диагностическая прозрачность	средний
Клиентские сервисы	секунды	средний	мультимодальные коммуникации	поясняющая	индивидуальный

Ключевыми характеристиками, отличающими разрабатываемый метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС от существующих подходов, являются:

1. Гибридный подход. Автооценивание с экспертной проверкой при наполнении единого банка тестовых заданий и при итоговой проверке.
2. Диалоговое дополнение ответов. В контексте реализации АОС запуск сценария взаимодействия субъектов через дополненные элементы модифицированной архитектуры ЦОС с генерацией эталонных (шаблонных) ответов по тематическим разделам учебного контента.
3. Аффективный слой. Учет эмоциональной составляющей в режиме обратной связи с учетом реакции пользователя в системе, полноты ответов и инициации по усложнению заданий. Тональность и длительность ответов.
4. Приоритизация критических сигналов. Анализ взаимодействия без перегрузки в подаче сообщений с интерпретацией ответов пользователя.

Систематизируя проанализированные методы, стоит обратить внимание на омниканальные платформы с агрегацией многочисленных сигналов для

формирования единого профиля пользователей и образовательные системы аналогично должны объединять ответы, результаты тестирования, временные паттерны и эмоциональную составляющую при взаимодействии. При этом чрезмерная автоматизация без эмпатии может снижать качественные показатели результатов, т.е. необходимо соблюдать баланс в применении интеллектуализации с анализом целей в образовательном процессе [89,145,195].

К ключевым характеристикам, описывающим разрабатываемый метод в исследовании, стоит отнести реализацию в ЦОС и в условиях многопоточности, при этом дополненный инструментарий архитектуры ЦОС должен обеспечивать масштабируемость системы. Структурно основные компоненты среды реализации метода интеллектуальной обработки информации с инструментами реализации АОС можно описать следующим образом (рисунок 4.1).

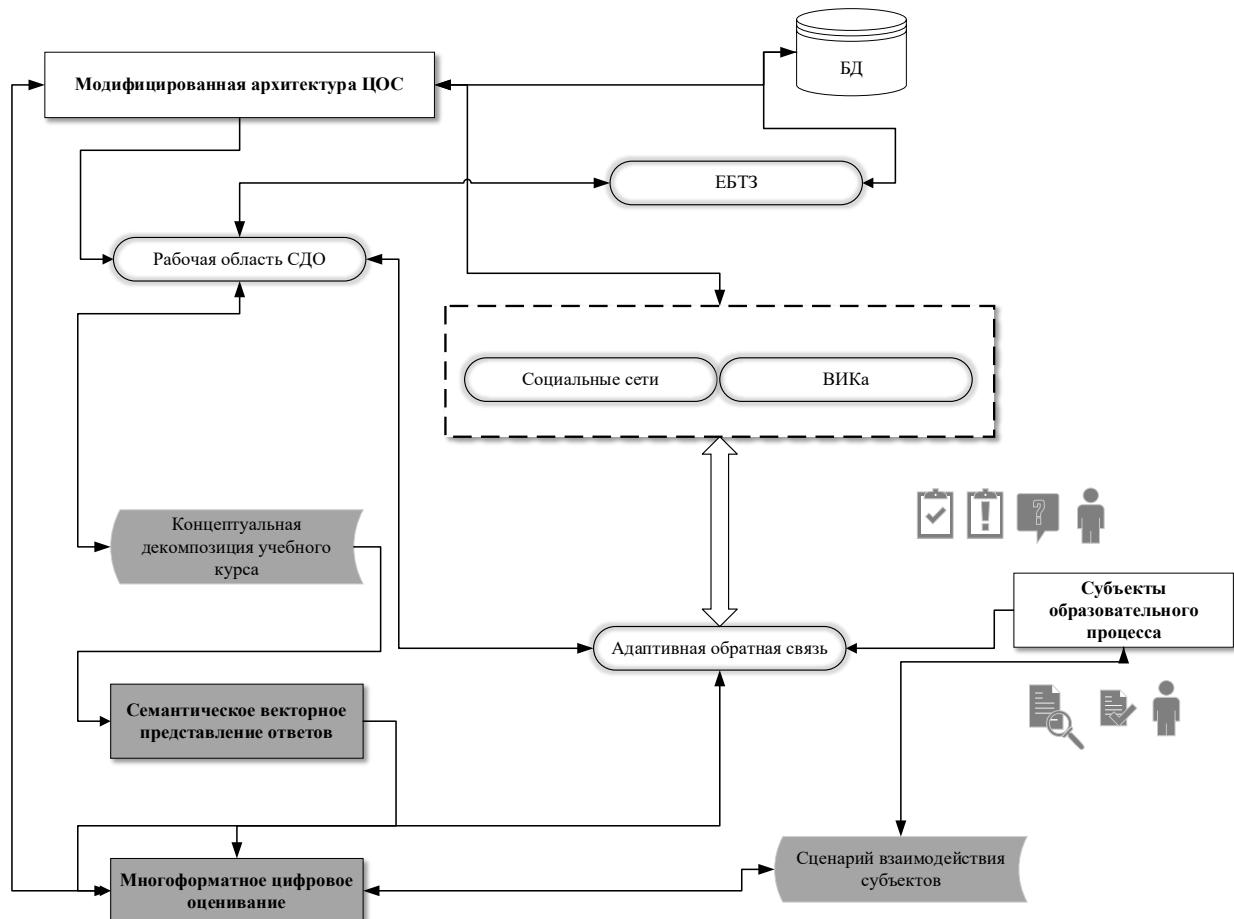


Рисунок 4.1 – Структура среды реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС

Замкнутый цикл ЦОС при реализации АОС содержит:

- тип потока;
- инструмент связи;
- тип обратной связи (гибридно-адаптивный, субъектно-центрированный);
- инструмент ПР (метод интеллектуального анализа информации, модифицированная архитектура ЦОС, АОС).

Разрабатываемый метод является частью замкнутого цикла и включает алгоритмы:

1. Алгоритм классификации запроса о необходимости обратной связи. В алгоритме реализована бинарная классификация и при классе «да» запускается сценарий АОС. Входными данными для классификации являются результаты по элементам субъекта: студент. Необходимо отметить, что в замкнутом цикле ЦОС запуск АОС осуществляется или указанным алгоритмом или самим субъектом. Инициация субъектом может осуществляться в двух направлениях как от ППС, так и от студента, аналогично и для других категориальных пар субъектов, также при определенных условиях ПР о запуске АОС допускается с инициацией обобщенным субъектом администрация (руководство, кафедра) (рисунок 4.2).

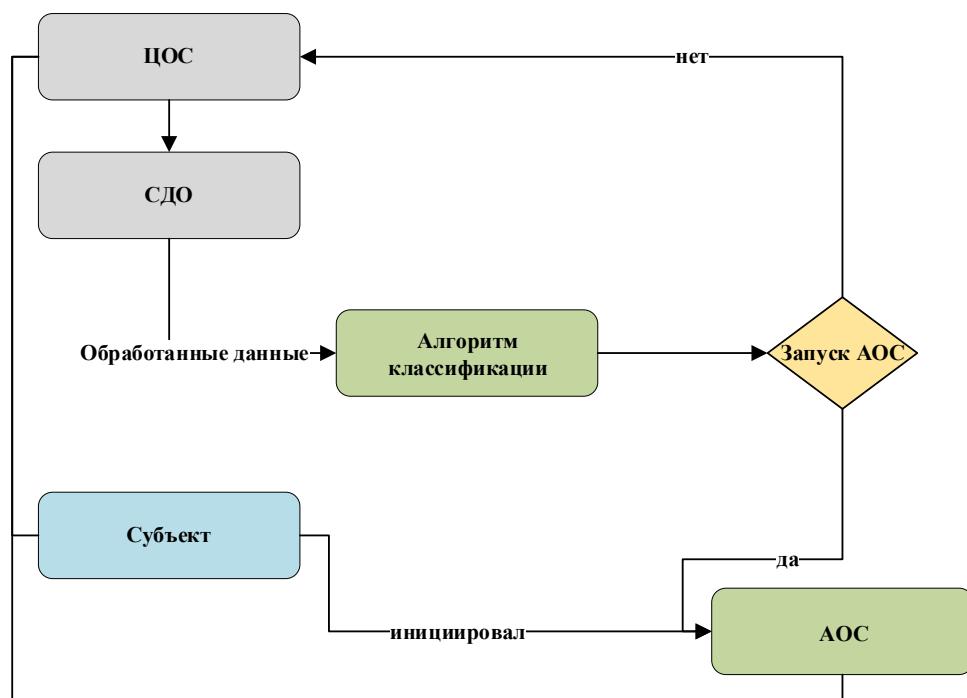


Рисунок 4.2 – Схема запуска АОС

2. Алгоритм интеллектуальной обработки информации при АОС реализует

сценарий взаимодействия с аннотированием информации, включающий выделение ключевых элементов при взаимодействии, присвоение категорий, формирование смысловых групп.

Таким образом, АОС реализуется через указанные алгоритмы с запуском сценариев и ПР как субъектов, так и автоматически в сценарии при реализации метода.

Структурно замкнутый цикл в ЦОС с указанными выше компонентами и алгоритмами метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС можно представить следующим образом (рисунок 4.3). Необходимо отметить, что ключевым типом потока в исследовании при взаимодействии категориальной пары субъектов по времени является синхронный, по автоматизации: автоматизированный с адаптацией, поэтому выбор типа осуществляется по содержанию.

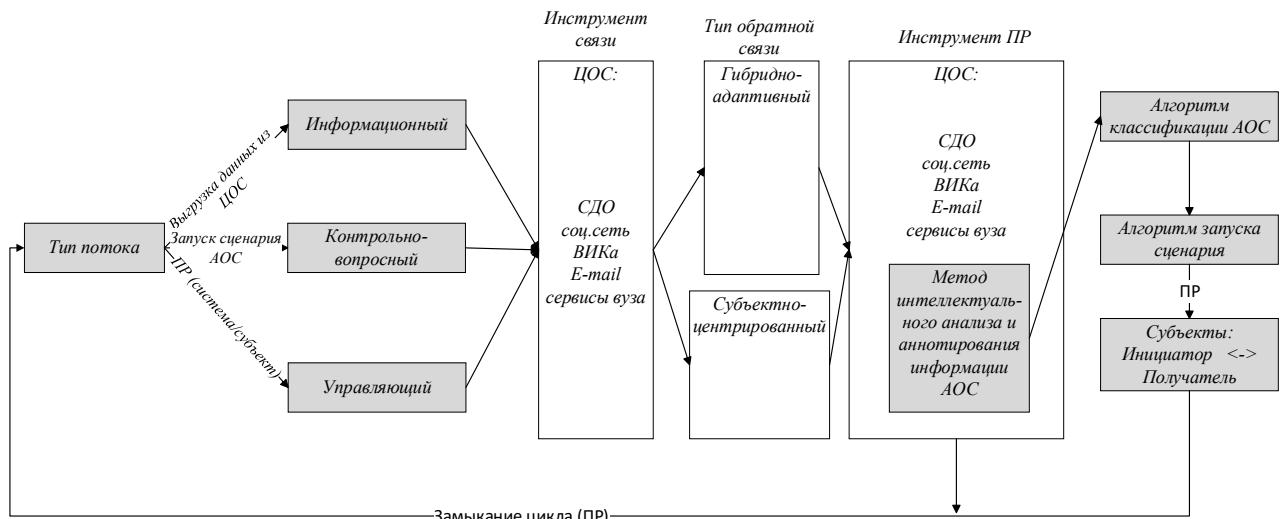


Рисунок 4.3 – Схема реализации замкнутого цикла в ЦОС

В алгоритме АОС помимо классификации решена задача автоматической проверки ответов в свободной форме, то есть обработка естественного языка (NLP) с семантическим анализом [222,307-312].

Семантическое моделирование контента при реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС в ЦОС и АИС ППР включает:

- сбор исходных данных (данные из разных компонентов

модифицированной архитектуры ЦОС);

- предобработка данных (очистка, токенизация и семантический анализ сообщений от субъектов ЦОС с реализацией на этапе генеративном этапе при использовании гибридной архитектуры интеллектуального сопровождения и в модуле АОС в АИС ППР);

- выделение семантических единиц при запуске сценариев взаимодействия при АОС;

- построение онтологии замкнутого цикла взаимодействия субъектов ЦОС;

- аннотирование сценариев (при классификации результатов сценариев в АОС).

Таким образом, семантическое моделирование контента с учетом мультимодальных данных реализуется на каждом этапе методологии организации эффективной АОС в ЦОС.

4.2 Описание реализации адаптивной обратной связи

ИИ и аналитика больших данных предлагают трансформационный потенциал для образовательных методологий, позволяя реализовывать персонализированные учебный опыт и материалы [68, 266-270, 280, 281]. ИИ может автоматизировать процесс оценки, предоставлять обучающимся своевременную обратную связь и адаптировать учебные материалы исходя из специфики учебных курсов.

Аналитика больших данных может обрабатывать огромные объёмы данных, генерируемые взаимодействием студентов с цифровыми учебными платформами, прогнозируя успеваемость и выявляя области, где студентам может потребоваться дополнительная поддержка. Применение рассмотренных технологий могут создать эффективную образовательную среду, адаптируемую к потребностям субъектов в ЦОС.

На рисунке 4.5 приведён фрагмент результатов по курсу «Большие данные», данная дисциплина читается всем профилям бакалавриата в РТУ

МИРЭА. Как видно из рисунка за один тест на лекции было проведено 1695 попыток, что при исторической архивации лишь за один семестр предполагает уже более 10 тысяч сохранённых результатов. На рисунке 4.4 приведен фрагмент состава учебных групп рассматриваемой дисциплины.

Разрешено попыток: 1
Ограничение по времени: 5 мин.
Попыток: 1695
Имеются переопределения настроек (Группы: 58)
[Вернуться к курсу](#)

Рисунок 4.4 – Пример результатов по дисциплине «Большие Данные»

Мероприятие реестра, норма времени	П	В	План. поток
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БББО-01-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	26	ЗАЧ	БББО-02-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	31	ЗАЧ	БББО-03-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БББО-04-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БББО-05-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БББО-05-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	26	ЗАЧ	БББО-06-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БББО-07-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	28	ЗАЧ	БББО-08-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	26	ЗАЧ	БББО-09-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	27	ЗАЧ	БББО-10-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	19	ЗАЧ	БПБО-01-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	15	ЗАЧ	БПБО-02-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	33	ЗАЧ	БСБО-01-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	32	ЗАЧ	БСБО-02-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	34	ЗАЧ	БСБО-03-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	27	ЗАЧ	БСБО-04-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БСБО-05-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	23	ЗАЧ	БСБО-06-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	27	ЗАЧ	БСБО-07-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БСБО-08-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	24	ЗАЧ	БСБО-09-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БСБО-10-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БСБО-11-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	28	ЗАЧ	БСБО-12-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	25	ЗАЧ	БСБО-13-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	18	ЗАЧ	БСБО-14-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	33	ЗАЧ	БФБО-01-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	32	ЗАЧ	БФБО-02-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БФБО-03-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БФБО-03-22

Рисунок 4.5 – Фрагмент учебных групп дисциплины «Большие Данные»

На рисунке 4.6 представлены результаты некоторых студентов по прошедшему тесту, а именно затрачиваемое время на каждый вопрос, баллы за каждый элемент и общий балл по каждому студенту. На сегодняшний день система СДО собирает большинство необходимой информации: индивидуальная информация, затраченное время, оценки за каждый вопрос.

На сегодняшний день в СДО отсутствует возможность анализа информации одновременно с разных факультетов и профилей. Текущий вариант тестов так же не предполагает ответов в свободной форме, в связи с чем, рассматриваемая в исследовании технология реализует описанные функции.

	Тест	Затраченное		B. 1	B. 2	B. 3	B. 4	B. 5	
	Состояние	начат	Завершено	время	Оценка/2,50	/0,50	/0,50	/0,50	
	Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:24	4 мин. 59 сек.	2,50	✓ 0,50	✓ 0,50	✓ 0,50	✓ 0,50
	Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:24	5 мин.	2,33	✓ 0,50	✓ 0,50	✓ 0,50	✓ 0,33
	Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:23	3 мин. 40 сек.	2,00	✓ 0,33	✓ 0,50	✓ 0,33	✓ 0,50
	Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:24	5 мин.	1,63	✓ 0,25	✓ 0,38	✓ 0,50	✓ 0,50
	Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:22	3 мин. 3 сек.	2,50	✓ 0,50	✓ 0,50	✓ 0,50	✓ 0,50

Рисунок 4.6 – Сводная информация о результатах тестирования

Результаты обращений, связанных с необходимостью получения обратной связи представлены в таблице 4.4:

Таблица 4.4 – Пример фиксации результатов

ID Студента	Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос N	Время на Ответ (B1)	Время на Ответ (B2)	Запрос Обратной Связи (Д/Н)
Лекция 1						
011	Верно	Неверно	Неверно	30 сек	45 сек	Д
202	Неверно	Верно	Верно	60 сек	30 сек	Н
73	Верно	Верно	Верно	25 сек	25 сек	Н
.....
Лекция 2						
113	Неверно	Неверно	Верно	25 сек	35 сек	Д
202	Неверно	Верно	Верно	45 сек	55 сек	Н
85	Верно	Верно	Неверно	20 сек	35 сек	Н
.....

Для использования данных вида из таблицы 2.2 для алгоритма классификации проведём предобработку данных.

Основной задачей предобработки данных является преобразование результатов ответов и времени их решения каждого задания в удобный для сравнения и подсчёта вид. На выходе имеется выгрузка из СДО табличного формата, например, в файле расширения .xlsx. В таблице выделим две подтаблицы – одна содержит все колонки с ответами (Вопрос 1, Вопрос 2, ..., и т.д.), а вторая – все колонки со временем ответа (Время на Ответ (B1), Время на Ответ (B2), ..., и т.д.). Обозначим первую таблицу за `question_columns`, а вторую – `time_columns`. Листинги, содержащие выделение подтаблиц с данными, обработку данных субъектов, предобработку данных, формирование итогового DataFrame классификации приведены в Приложении А.

В данных по времени ответа на вопросы присутствуют единицы изменения – секунды (сек). Для дальнейшего применения данных в алгоритме производятся преобразования строк в числовые значения путём удаления текста «сек» и пробелов, оставляя только число. Затем, для подсчёта статистики по каждому субъекту (студенту) инициируется подсчёт по каждой строке и собирается

следующая статистика: подсчёт количества верных и неверных ответов, извлечение списка со временем ответа на каждый вопрос.

По результатам извлечения данных происходит формирование словаря по каждому субъекту (студенту) с полями: количество верных ответов, количество неверных ответов, общее время тестирования, время на каждый вопрос.

Для дальнейшего удобного анализа данных полученный список удобно преобразовать в тип DataFrame с соответствующими колонками, обозначим его df. Необходимо корректно перенести данные по времени решения заданий. Поскольку количество заданий в каждом teste может быть различным, предлагается процедура циклического формирования соответствующих столбцов в зависимости от длины списка переменной question_times. После корректного формирования таблицы с временными отсечками, объединяем её с исходной таблицей, удаляя и её исходный столбец со списком временных показателей решения заданий и добавляем идентификационный номер студентов. В качестве примера рассмотрим входную таблицу с тремя студентами и пятью вопросами (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Пример выгрузки результатов

ID Студе- нта	Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3	Вопрос 4	Вопрос 5	Время на Ответ (B1)	Время на Ответ (B2)	Время на Ответ (B3)	Время на Ответ (B4)	Время на Ответ (B5)
001	Верно	Неверно	Неверно	Верно	Верно	30 сек	45 сек	30 сек	25 сек	45 сек
002	Неверно	Верно	Верно	Верно	Верно	60 сек	30 сек	50 сек	35 сек	40 сек
003	Верно	Верно	Верно	Верно	Неверн о	25 сек	25 сек	35 сек	25 сек	45 сек

В результате описанных преобразований, получаем таблицу, представленную на рисунке 4.7.

student_id	correct_answers	uncorrect_answers	total_time	time_q1	time_q2	time_q3	time_q4	time_q5
0	001	3	2	175.0	30.0	45.0	30.0	25.0
1	002	4	1	215.0	60.0	30.0	50.0	35.0
2	003	4	1	155.0	25.0	25.0	35.0	25.0

Рисунок 4.7. Пример результата работы предобработки данных для классификации.

Рассмотрим алгоритм классификации для обратной связи. На основе входных данных, например, с рисунка 4.1, можно оценить необходимость обратной связи на основе доли правильных ответов.

Для этого необходимо выполнить несколько шагов:

- 1) Задаём пороговое значение доли правильных ответов.
- 2) Рассчитываем индивидуальный показатель доли правильных ответов каждого студента.
- 3) Сравниваем полученные значения в случае, если доля правильных ответов меньше порогового, то обратная связь необходима, если больше, то нет.

Пример реализации на основе данных рисунка 4.8, представлен на рисунке 4.9, схема описанного алгоритма представлена на рисунке 4.10.

	student_id	correct_answers	uncorrect_answers	total_time	time_q1	time_q2	time_q3	time_q4	time_q5	needs_feedback
0	001	3	2	175.0	30.0	45.0	30.0	25.0	45.0	True
1	002	4	1	215.0	60.0	30.0	50.0	35.0	40.0	False
2	003	4	1	155.0	25.0	25.0	35.0	25.0	45.0	False

Рисунок 4.8 – Пример результата работы алгоритма классификации для обратной связи на основе доли правильных ответов

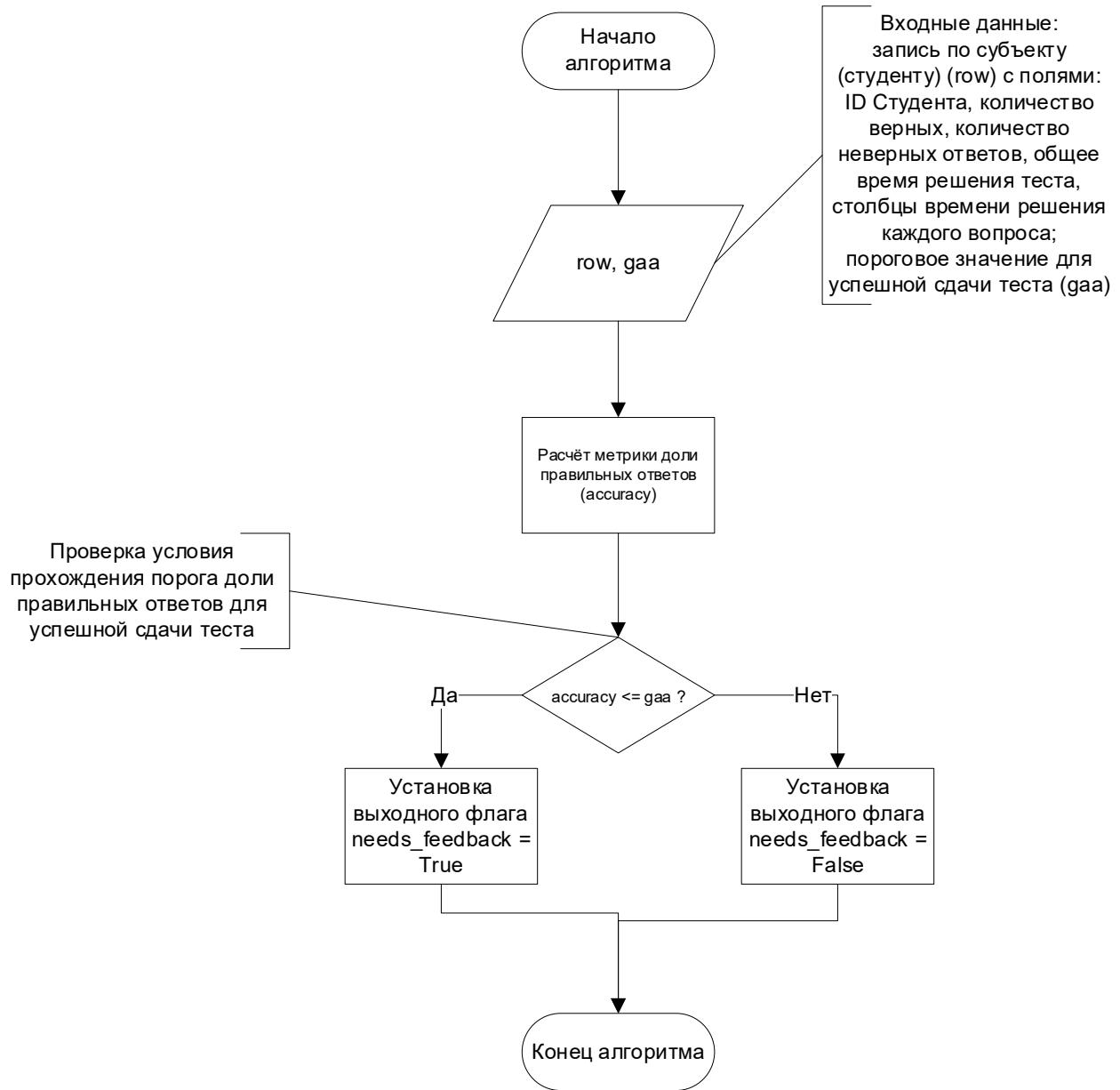


Рисунок 4.9 – Алгоритм классификации для обратной связи на основе доли правильных ответов

Представленный алгоритм можно модифицировать, добавив контроль по среднему времени решения:

- 1) Задаём пороговое значение доли правильных ответов и среднего времени решения задания по всем студентам.
- 2) Рассчитываем индивидуальные показатели доли правильных ответов и среднего времени решения каждого студента.
- 3) Сравниваем полученные значения в случае, если доля правильных ответов меньше порогового или среднее время решения у студента превышает среднее время решения задания по всем студентам, то обратная связь со

студентом требуется, если больше, то нет.

Пример реализации на основе данных рисунка 4.1, представлен на рисунке 4.3, схема описанного алгоритма представлена на рисунке 4.11.

	student_id	correct_answers	uncorrect_answers	total_time	time_q1	time_q2	time_q3	time_q4	time_q5	needs_feedback
0	001	3	2	175.0	30.0	45.0	30.0	25.0	45.0	True
1	002	4	1	215.0	60.0	30.0	50.0	35.0	40.0	True
2	003	4	1	155.0	25.0	25.0	35.0	25.0	45.0	False

Рисунок 4.10 – Пример результата работы алгоритма классификации для обратной связи на основе доли правильных ответов и среднего времени решения заданий

Ещё одной модификацией алгоритма является добавление порога максимального времени на решение задания:

- 1) Задаём пороговое значение доли правильных ответов, среднего времени решения задания по всем субъектам (студентам), порога максимального времени на решение задания.
- 2) Рассчитываем индивидуальные показатели доли правильных ответов и среднего времени решения.
- 3) Определяем максимальное время, затраченное на решение задания.
- 4) Сравниваем полученные значения в случае, если доля правильных ответов меньше порогового или среднее время решения превышает среднее время решения задания по всем студентам или максимально затраченное время решения вопроса превышает установленный порог, то обратная связь, если больше, то нет.

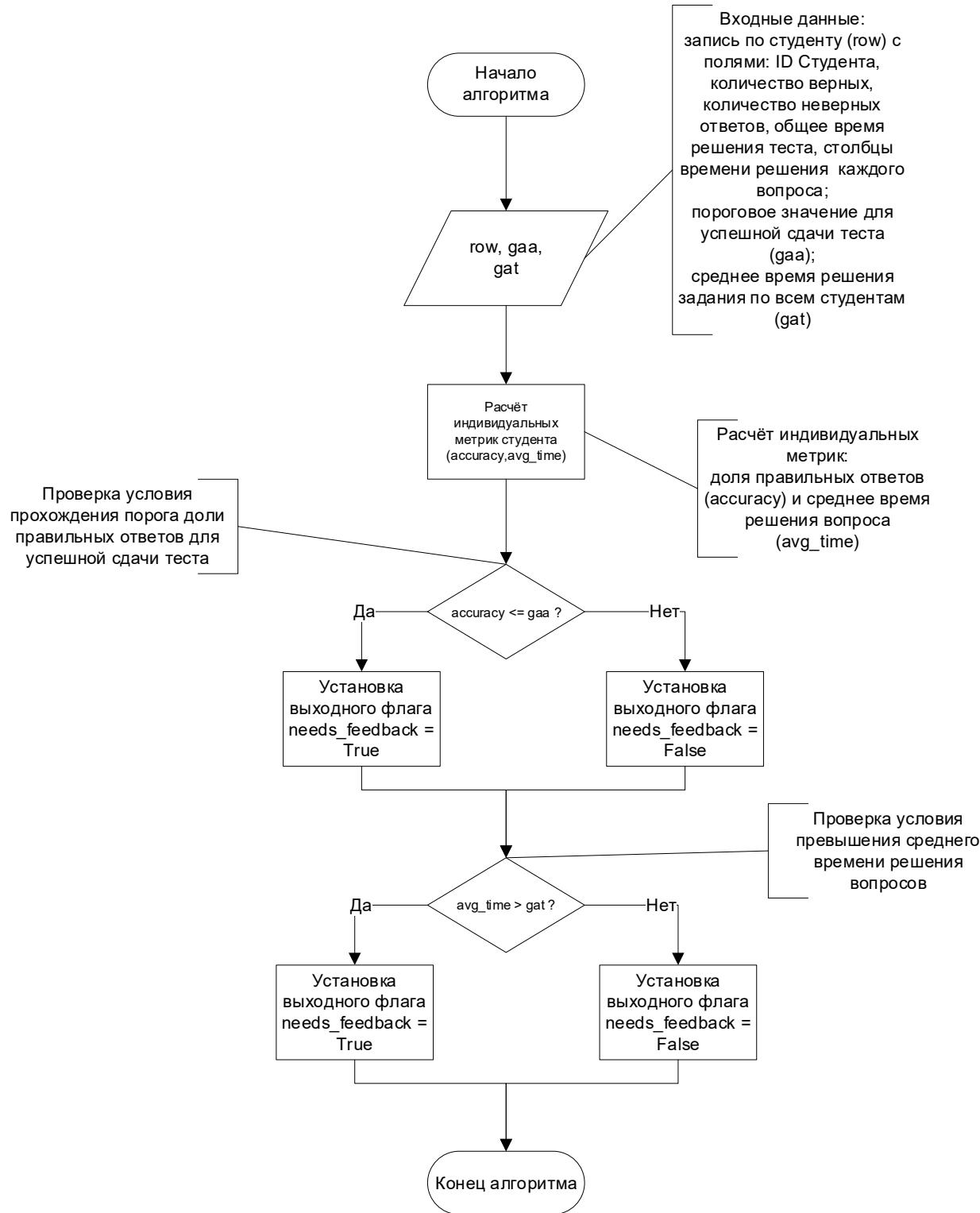


Рисунок 4.11 – Алгоритм классификации для обратной связи на основе доли правильных ответов и среднего времени решения заданий

Пример реализации на основе данных рисунка 4.1, представлен на рисунке 4.6, схема описанного алгоритма представлена на рисунке 4.13.

	student_id	correct_answers	uncorrect_answers	total_time	time_q1	time_q2	time_q3	time_q4	time_q5	needs_feedback
0	001	3	2	175.0	30.0	45.0	30.0	25.0	45.0	True
1	002	4	1	215.0	60.0	30.0	50.0	35.0	40.0	True
2	003	4	1	155.0	25.0	25.0	35.0	25.0	45.0	False

Рисунок 4.12 – Пример результата работы алгоритма классификации для обратной связи на основе индивидуальных метрик студентов

Необходимо отметить, что реализованный алгоритм классификации в методе интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС применим не только в учебном процессе, но и в организационной, управлеченческой и методической деятельности субъектов ЦОС. Необходимость применения алгоритма при взаимодействии субъектов определяется факторами: временем реакции субъектов на запросы, долей верных ответов и показателями результативности и активности взаимодействия.

Входными данными для субъектов ЦОС могут быть:

- руководство – обработка отчетов, выявление несоответствий по срокам выполнения, классификация проблем по приоритетности;
- кафедра (ППС) – анализ методических материалов, скорость подготовки и полнота материалов при актуализации рабочих областей в СДО, выявление тем, разделов дисциплин УНСП, требующих актуализации, доработки;
- студенты – обработка сообщений в компонентах модифицированной архитектуры ЦОС (LMS, социальные сети, ВИКа) с классификацией потребностей;
- методисты – классификация обращений субъектов (студент, ППС, кафедра) по типам: организационный вопрос, техническая проблема, методическая поддержка и сопровождение.

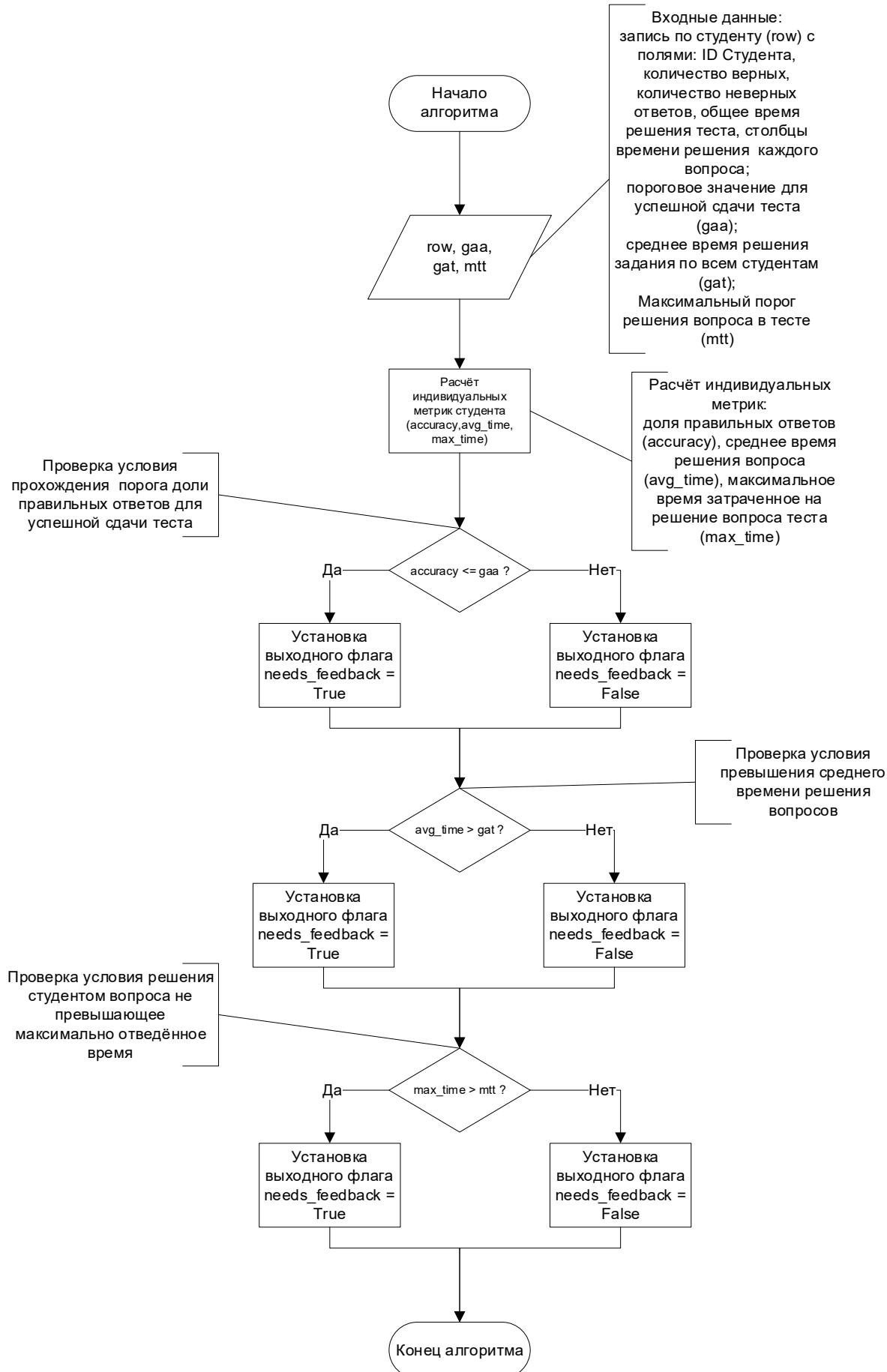


Рисунок 4.13 – Алгоритм классификации для обратной связи на основе индивидуальных метрик

Таким образом, на вход алгоритма классификации могут поступать различные типы данных:

- количественные показатели (время отклика, количество сообщений, доля верных ответов, частота обращений);
- текстовые данные (комментарии субъектов, отчеты кафедр, запросы на сопровождение, консультации);
- метаданные взаимодействия (частота коммуникаций, задержки в ответах, количество повторных обращений).

На выходе алгоритма формируется распределение субъектов или сообщений по классам («успешное взаимодействие», «требует внимания», «критическая ситуация»), что позволит автоматизировать процесс ПР, поддерживать замкнутый цикл в АОС в ЦОС и повысить эффективность управления в образовательной среде. Обобщение алгоритма классификации о необходимости в АОС по субъектам представлен на рисунке 4.14.

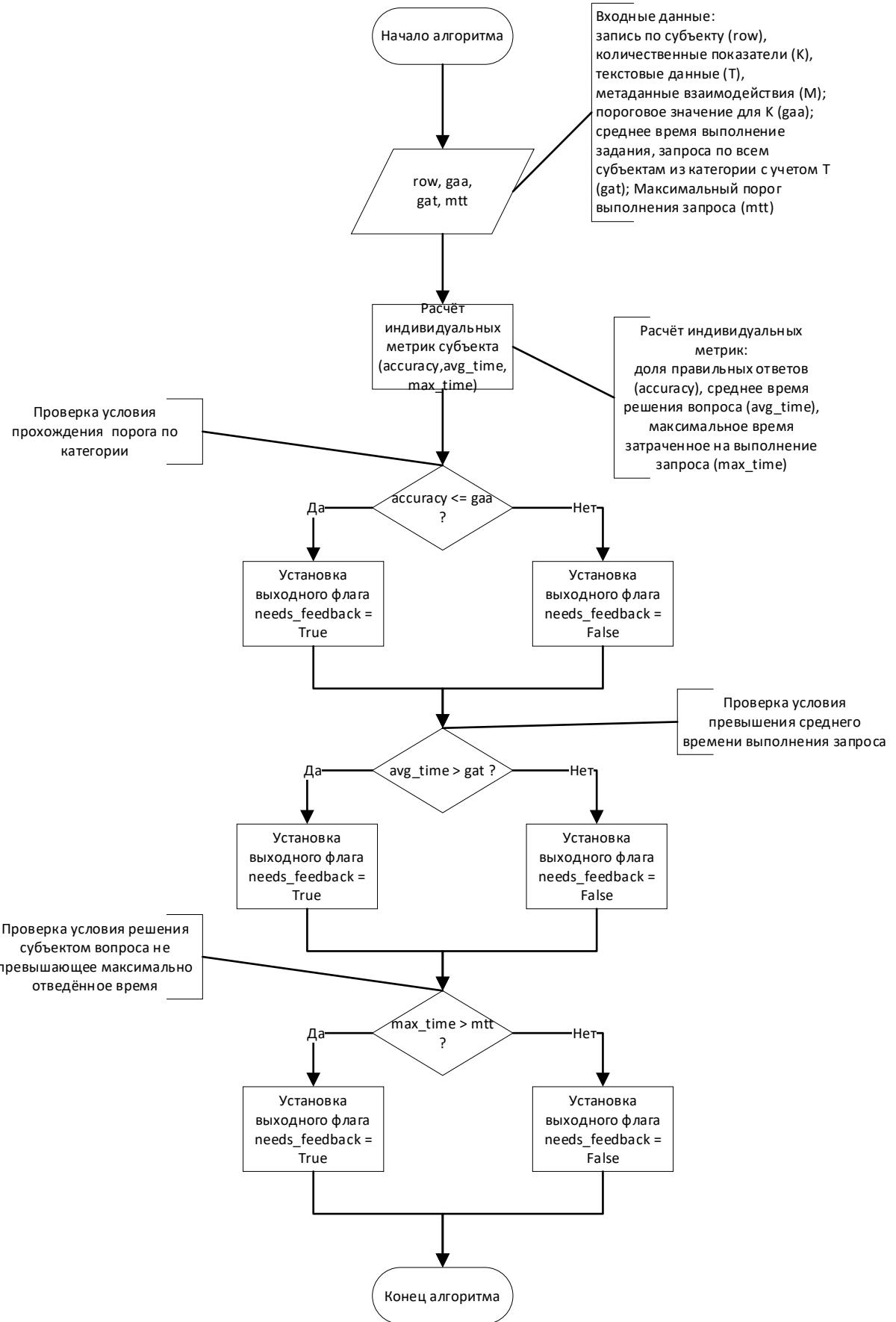


Рисунок 4.14 – Алгоритм классификации для обратной связи субъектов

Система может быть куда более гибкой если у субъектов ЦОС появится возможность писать ответы в свободной форме, от таких изменений и сами

вопросы могут стать гораздо более гибкими и для проверки таких ответов необходим анализ от ИИ. На рисунке 4.15 представлен набор данных, по которому проводится обучение:

1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q	7Q	8Q	9Q	10Q	11Q	12Q	13Q	14Q	15Q	16Q	exam mark	
0.33	0.33	0.33	0.66	0	0	0.33	1	0	0.66	1	1	1	1	0	0.33	3	
1	0.66	0.66	0.33	0	0.33	1	0	0	1	0.66	1	0.33	1	0.66	1	5	
0.33	0.33	0.66	0.33	0.33	1	0	0.33	0.33	0.66	0.66	1	1	0.33	0	0	2	
1	0.66	0.33	0.33	0	1	0	0	1	0.66	0.33	0.66	1	1	0.33	0.66	5	
0.33	0	0	0	0.66	0	0.33	0.66	0.33	1	0.66	0.33	0.33	0.66	1	0.66	2	
0	0	1	0.33	0.33	0.33	0.66	0.66	0.66	1	0	0.33	0	0.66	0.66	0.66	0	
1	1	0.66	0.33	0	0.66	0	0	1	0.66	1	0.66	0	1	0	0.66	3	
0.33	1	1	0	0	0.33	1	0.66	0.66	1	1	1	0.33	0.66	0.66	0	5	
0	1	0	0.33	0.66	0.66	0	1	0	1	0.33	0.66	0.33	0.66	0.33	0	2	
0.33	0.33	0	0.66	0.66	0	0.33	0.33	0.33	1	0.66	0.33	0.66	0.33	0	0	2	
0.66	0.66	0	1	0	0.33	1	0	1	1	0.66	0	0.66	0.66	0.33	0.33	5	
0.33	1	1	0.33	0.33	0	1	1	0.33	0	0.33	0.33	0.66	1	0	0.66	3	
1	0.33	0	1	0.33	0.66	0	1	0.66	0.33	0.33	1	0.33	0	1	0.66	3	
1	1	0.66	0.33	0.66	0	0.33	1	0.33	0.33	0	0.33	0.33	1	0.33	2		
0.66	0.33	0	0.33	0.33	1	0.66	0.33	0.66	0	1	0.66	1	0.33	0	1	3	
0.33	0.66	0	0	0.66	0.66	0	1	0	0.66	1	0.33	0	0.66	0.33	0	2	
0	1	0.66	0.33	0	1	0.33	0.33	0	0.33	0	1	1	0.33	0	0.66	2	
1	0	0	0	0.33	0.66	0.33	1	0.33	0	0.33	0	0.66	0.33	0.33	0.33	2	
0	0	0.33	0.33	0.66	0.66	1	0.66	0.66	0.66	0	0.66	0.66	0.33	0	1	2	
1	0.66	1	1	1	1	0.66	1	0.66	0.33	0.33	1	0.33	0.66	0.33	1	0.66	5
0	0.66	0.33	0	0.66	0	0	0	0.66	0.33	0.66	0.33	0.66	0.66	0.66	0.33	2	
0.66	0	0.66	0	1	1	0.33	0.33	1	0.66	0.66	0.66	1	0	0.33	0	3	
1	0	0.66	0.66	0	1	0	0.66	0.66	1	0	0.66	0.66	0	0	0.33	2	
1	1	0	1	0.66	0	0	0	0.33	1	0.33	0.66	1	0.33	0	0.33	2	
0	0.33	0.33	0.33	0	0.33	1	1	1	0	0	1	1	1	0.66	1	5	
0.33	0.66	0.66	0	0.33	0	0	0.33	0	0.33	0.33	0	1	0	0.66	0	2	
0.33	0.66	0.33	1	1	0.66	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0.33	5	
1	0.66	0.33	0.66	1	0	0.33	0	0.33	0	0.33	0.33	0.66	0	0.66	0.66	2	
0	0.33	0.66	0	0.33	0.66	0.66	0.66	0.33	0.66	0.33	1	0.66	1	0	0.66	2	
0	0	0	1	0.33	1	1	0	0.66	0.33	0	0.33	1	0.33	0.33	0.66	2	
0	0.33	0.33	1	1	0.33	0	0.33	0.33	0.66	0	0.66	0	0	0	0.66	2	
0.66	0.66	1	0.66	1	1	1	0.33	0.33	0.33	1	1	1	0	0.33	1	5	

Рисунок 4.15 – Пример собранных результатов в форме тестов

На представленном фрагменте показаны результаты по элементам курса для выявления необходимых позиций, по которым будет проходить обучение алгоритма. Для примера рассмотрим набор результатов около 4 тысяч студентов за один семестр, собраны их баллы за ответы на вопросы, проводимые на этапах текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Непрерывное оценивание знаний изучаемого материала в контексте дисциплины на базе ИИ — это инновационный подход к оценке, который интегрирует ИИ для проведения тестов по плану лекций или учебного модуля.

Вопросы структурируются таким образом, чтобы быть непосредственно связанными с ключевыми пунктами плана лекции, обеспечивая точность оценки.

Формат может варьироваться, включая выбор ответа, в форме краткого ответа, установления соответствия либо любой другой формат оценки, адаптируется для наилучшего соответствия содержанию и учебным целям каждого занятия.

После завершения тестирования результаты собираются и анализируются с помощью алгоритмов ИИ. Процесс анализа включает несколько этапов:

- Сбор Данных: система агрегирует ответы, фиксируя их ответы и затраченное время.
- Обработка Данных: ответы обрабатываются для классификации, и определяются типовые ошибки.
- Анализ Производительности: ИИ оценивает индивидуальную и общеклассовую производительность для определения уровней понимания материала.

Алгоритм реализации АОС является ключевым компонентом в разрабатываемом методе и предоставляет расширение возможностей (функционала) для ППС при выполнении задачи по корректировке и актуализации материалов и заданий дисциплины. Представим описанный процесс в виде схемы (рисунок 4.16) [105,206-208]:

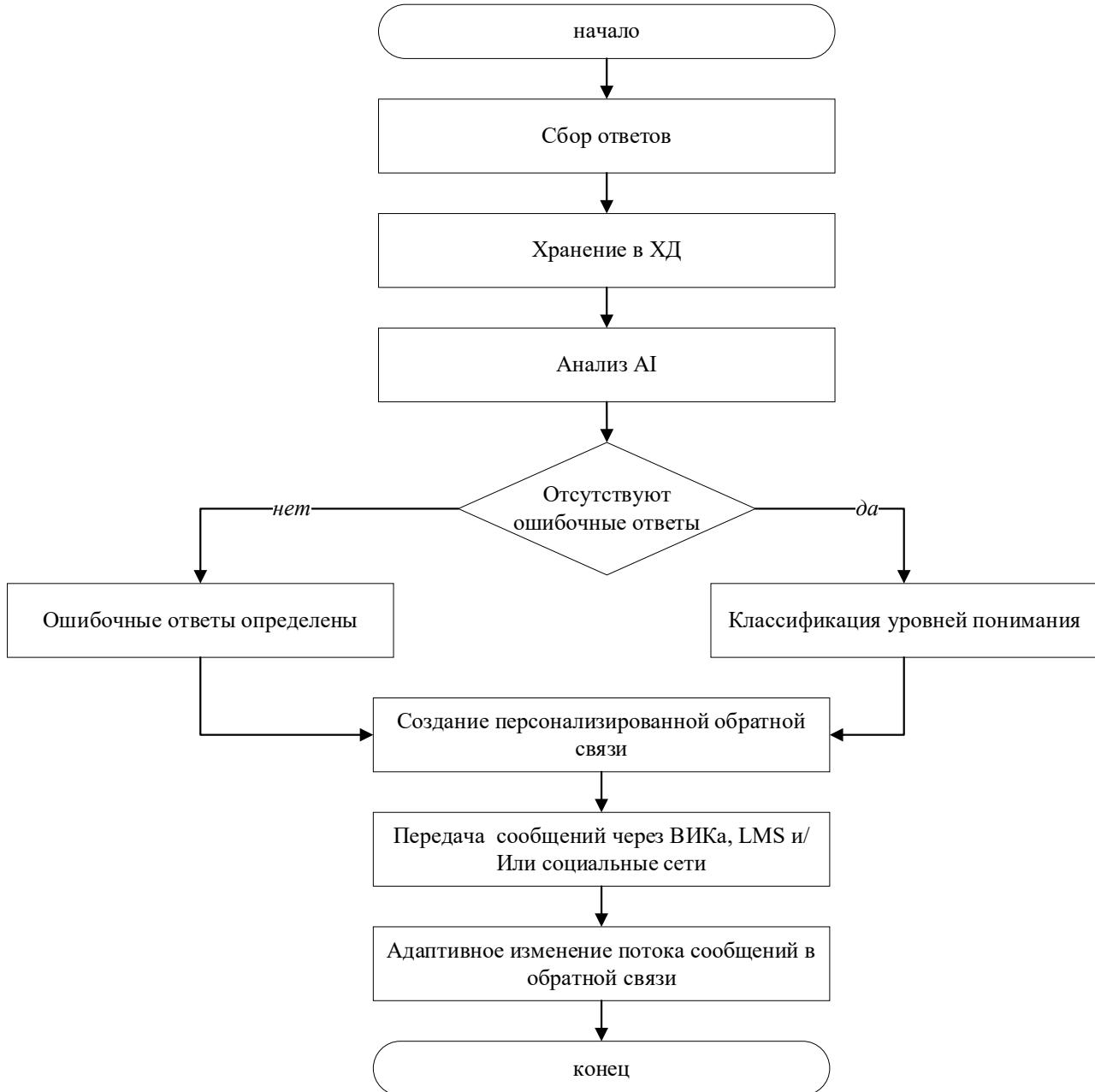


Рисунок 4.16 – Алгоритм АОС

Метод машинного обучения для классификации ошибочных и верных ответов применяется на этапе анализа AI в алгоритме обратной связи. В свою очередь обратная связь генерируется на основе выявленных системных ошибок, идентифицированных при анализе ИИ, и предназначена для направления студента к ресурсам и материалам курса, которые предоставляют дополнительную информацию в области, вызывающей затруднения, а также поможет преподавателю понять каким вопросам из структуры учебного материала необходимо уделять больше внимания на занятии.

Дополнением в архитектуре ЦОС являются социальные сети и

виртуальный информационно-коммуникационный ассистент (ВИКа). В рамках настоящего исследования модифицированная архитектура ЦОС является частью метода интеллектуального анализа информации в виде ответов в свободной форме.

Для студентов, нуждающихся в дополнительной помощи, устанавливается прямой канал связи через социальные сети или образовательные платформы. Прямой канал обратной связи не только помогает преподавателям понять проблемы студентов, но и позволяет своевременно скорректировать методы и материалы курса. Тесты формируются на базе СДО комплексной web-платформы.

Таким образом, с применением метода возможно разделение на подзадачи и используемые в них инструменты и участие ППС:

- формирование тестовых заданий должно быть индивидуальным (ППС-> ИИ);
- выдача заданий и сбор результатов (ППС);
- обработка результатов и выработка дополнительных (уточняющих заданий) – применяется ИИ (ППС-> ИИ).

В указанных подзадачах в скобках приводится описание применяемых технологий и где необходимо участие субъекта (ППС).

Этапы реализации алгоритма АОС:

1. Анализ ключевых слов: Субъект (например ППС в функции оценивания) задает набор обязательных ключевых слов, которые должны присутствовать в ответе для его признания правильным. Дополнительные слова или фразы, демонстрирующие более глубокое понимание, могут приносить бонусные баллы.

2. Обработка естественного языка (NLP): Использование алгоритмов NLP для анализа текстов, учитывающих синонимы, различные грамматические конструкции и порядок слов, что устраняет технические ограничения.

3. База знаний: Создание базы данных с возможными вариантами ответов, синонимами и контекстами использования ключевых слов для повышения точности анализа.

4. Автоматизация: Разработка алгоритмов, способных автоматически оценивать ответы, основываясь как на ключевых словах, так и на общем смысле текста. К отличительным характеристикам в алгоритме можно отнести:

- Развитие методов взаимодействия: Предложенный подход расширяет возможности в оценивании и в целом взаимодействии субъектов, так как применимо для взаимодействия и других категориальных пар с заменой входного набора данных с ориентиром на тип взаимодействия.

- Интеграция ИИ: Исследование демонстрирует потенциал ИИ в образовательных системах, открывая путь для дальнейших разработок в этой области.

- Экономия ресурсов: Автоматизация с сокращением времени и усилий преподавателей на проверку ответов.

- Объективность: Алгоритмы минимизируют субъективность, обеспечивая справедливую оценку.

- Индивидуализация: Система учитывает особенности ответов каждого студента, стимулируя глубокое изучение материала.

Этапы реализации:

1. Сбор требований: Определение функциональных (анализ текста, учет ключевых слов) и нефункциональных (скорость, точность) характеристик системы.

2. Создание базы знаний: Разработка базы данных с ключевыми словами, их вариациями и контекстами использования.

3. Разработка алгоритмов: Программирование модулей NLP для анализа текстов и автоматической оценки.

4. Тестирование: Проверка системы на реальных ответах студентов с последующей корректировкой алгоритмов.

5. Внедрение: Интеграция в СДО (Moodle) и обучение пользователей работе с системой.

Для подтверждения показателей качества и эффективности компонентов методологии было проведено тестирование по данным из ЦОС РТУ МИРЭА. Расчет показателей качества и эффективности АОС проводился на наборе

данных объемом 100936 сообщений в сценариях взаимодействия (Таблица 4.6).

Таблица 4.6 –Объем набора данных по АОС в ЦОС на примере РТУ МИРЭА

Тип сообщения / архитектура	Текстовые сообщения	Изображения	Мультимодальная пара (текст + изображение)	Всего сообщений
GPT	35024	5147	2017	42188
GigaChat	21204	9120	7204	37528
Ollama	16155	3052	2013	21220

Модель случайного леса получила наилучшую точность при следующих параметрах: количество деревьев в лесу - 200, глубина леса - без ограничений, минимальное количество объектов для разделения вершины - 2, минимальное количество объектов чтобы вершина считалась листом – 1. Данные параметры показали следующие результаты (таблица 4.7):

Таблица 4.7 – Метрики обученной модели

	precision	recall	F1
0	0.83	0.99	0.91
1	0.97	0.43	0.59

Для обработки ответов в свободной форме используем предобученную модель GPT и обучим её на наших данных [11, 12, 224, 227, 254, 272, 276]. На рисунке 4.17 представлена архитектура GPT-4.1, в таблице 4.8 пример набора данных, состоящих из 3 уникальных вопросов из дисциплины «Большие данные», на которые ответили более четырёх тысяч студентов.

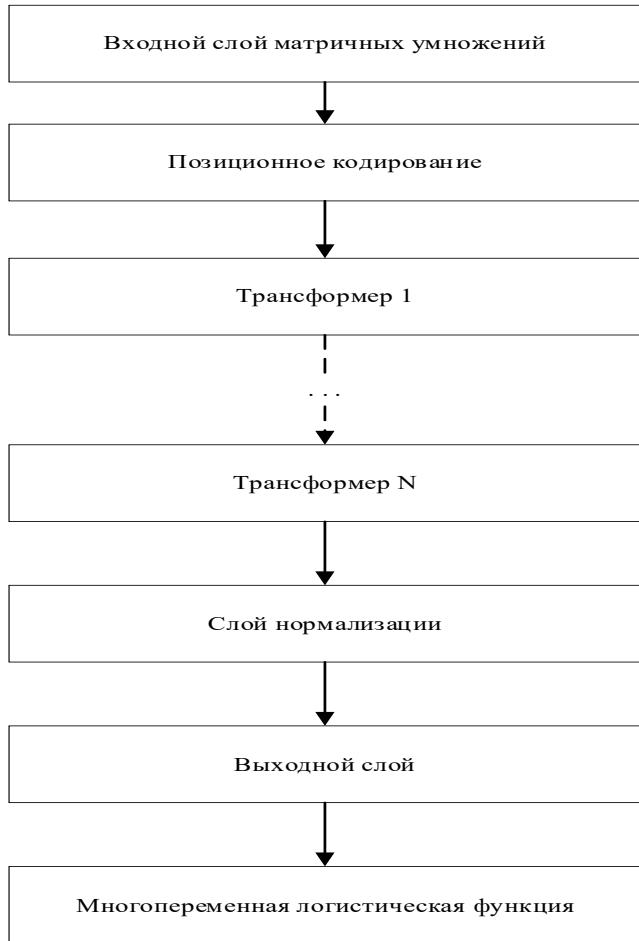


Рисунок 4.17 – Архитектура GPT

Таблица 4.8 – Пример набора данных из уникальных вопросов

Вопрос	Ответ	Результат
Опишите 3V в ключе Больших данных	3V в ключе больших данных это Volume, Velocity и Variety	Верно
Какую роль играет Hadoop в Больших Данных?	Hadoop устарел и больше не используется	Неверно
Что такое Большие Данные?	Большие Данные объединяют в себе сложные наборы данных, которыми тяжело управлять и анализировать традиционными методами	Верно
Опишите 3V в ключе Больших Данных	Понятия не имею. Может быть video, voice, virtual?	Неверно

Продолжение таблицы 4.8

Опишите 3V в ключе Больших Данных	3V просто термин из маркетинга без реального основания	Неверно
Какую роль играет Hadoop в Больших Данных?	Hadoop критически важная технология, предоставляющая распределенную среду для эффективной обработки больших объемов данных	Верно
Что такое Большие Данные?	Большими Данными называют наборы данных размер, которых превышают предел возможностей использования реляционных баз данных	Верно
Какую роль играет Hadoop в Больших Данных?	Hadoop - технология, предоставляющая распределенную среду для эффективной обработки больших объемов данных	Верно

Обученная на данных с таблицы 2.4 GPT достигла значения функции потерь менее 0.03 по метрике бинарной кросс-энтропии, что является отличным результатом и достаточно большим численным значением чтобы судить о том, что модель не переобучилась. На рисунке 4.18 представлен график функции потерь с указанием слоев, размерности и кривой при обучении. Возможно применение и более актуальной версии GPT-4.1, но на результаты это не окажет сильного влияния, как и на архитектуру, изменения будут относиться только к скорости обработки данных.

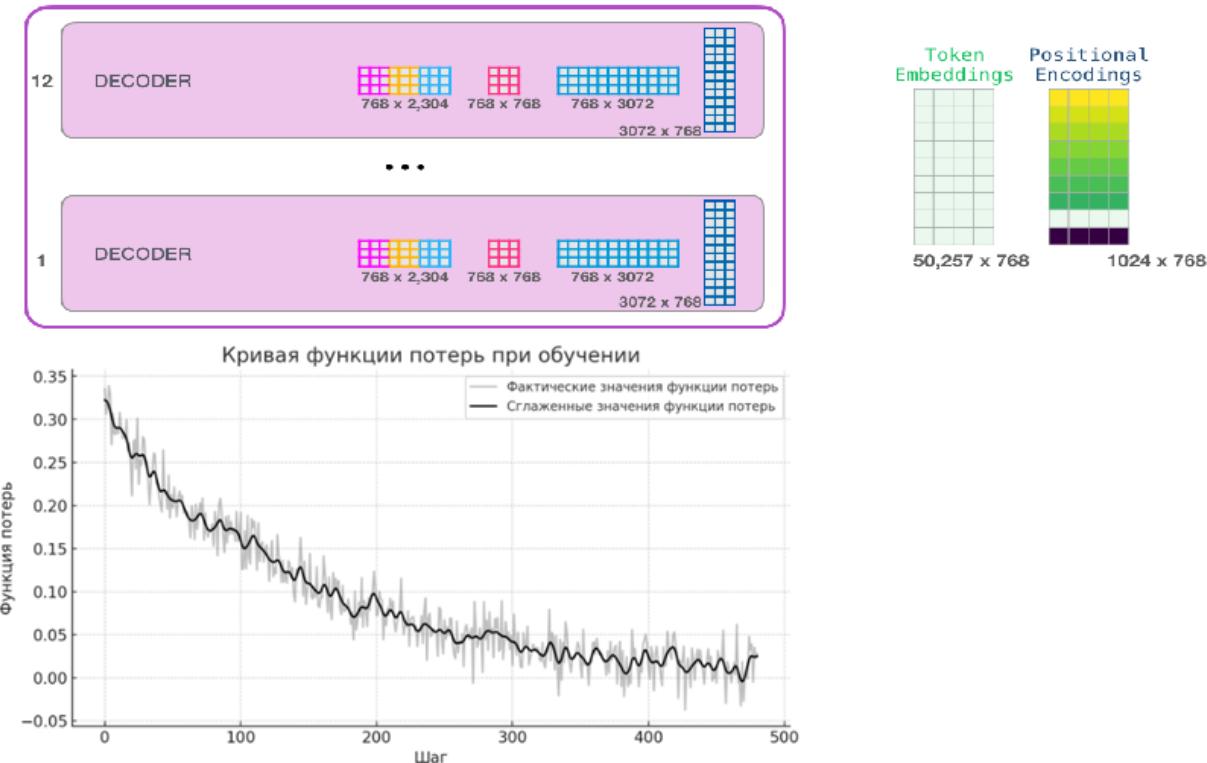


Рисунок 4.18 – Пример данных для обучения GPT

Полученные результаты говорят о высокой точности и надёжности моделей.

После завершения тестирования результаты собираются и анализируются с помощью алгоритмов ИИ. Процесс анализа включает несколько этапов:

- Сбор Данных: система агрегирует ответы всех студентов, фиксируя их ответы на заданные вопросы.
- Обработка Данных: ответы предобрабатываются для дальнейшей классификации, и определяется дал ли студент правильный ответ.
- Обучение Модели: предобработанные данные используются для обучения модели
- Анализ Метрик: оценивается точность работы модели с помощью метрики F1-меры на валидационной выборке [39,73,74,116].

Для удобства сведём описанный процесс к схеме, представленной на рисунке 4.19:

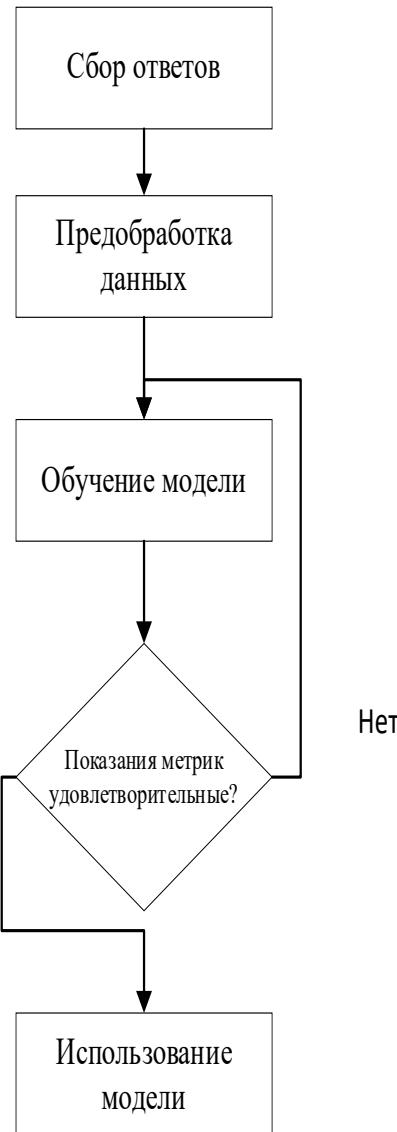


Рисунок 4.19 – Схема работы модели ИИ

Предобработка данных — это отдельный важный шаг, который может усугубить ситуацию с вычислительными мощностями при недостаточной или некорректной обработке. Для ускорения обучения данные необходимо токенизировать до начала обучения и затем при циклических проходах эпох обучения не нужно будет уделять время токензации, такой подход позволяет снизить затраты вычислительных мощностей. Токенизированные данные сохраняются в бинарные файлы откуда потом загружаются для обучения модели.

Рассмотрим модификацию классической архитектуры GPT для нашей задачи. Классическая постановка задачи предполагает предугадывание следующего токена в последовательности предшествующих токенов, однако требуется оценивать верно ли ответил студент или нет, то есть решить задачу классификации, для этого требуется добавить ещё один слой в архитектуру сети,

а также изменить функцию потерь. Изменения по отношению к стандартному варианту GPT сведены в таблицу 4.9:

Таблица 4.9 - Различия в архитектуре модели

Модель	Механизм Self-attention	Наличие линейного слоя в конце	Функция потерь	Функция активации
GPT	Используется	Нет	Бинарная кросс-энтропия	GELU
Модель, приведённая в исследовании	Используется	Да	Кросс-энтропия	GELU

Для обработки ответов в свободной форме используем предобученную модель GPT, изменим её архитектуру и обучим её на рассматриваемых данных. На рисунке 4.20 представлена используемая в работе архитектура GPT [134,146,286,289]:

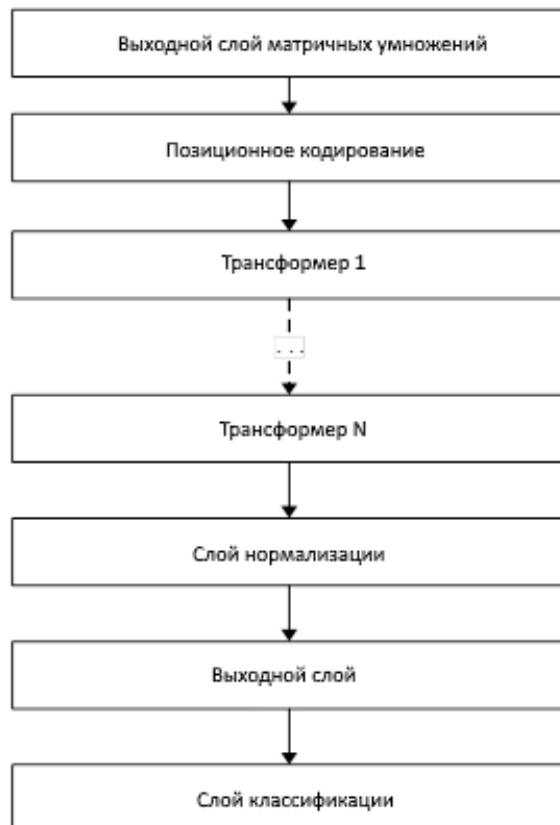


Рисунок 4.20 – Изменённая архитектура GPT

Разработанная модель получила наилучшее значение метрики в наборе из 50 тысяч записей на валидационной выборке, независимо от объёма данных модели не меняли свою скорость на обучении, однако менялась скорость предобработки данных, из этого следует вывод, что процесс бинарной токенизации данных ускоряет их обработку в достаточной мере, что бы не замечать разницу в скорости при обработке на графическом процессоре. Результаты моделирования сведены в таблицу 4.10:

Таблица 4.10 – Результаты моделирования

Язык программирования	Набор данных	Функция потерь	F1	Затраченное время, миллисекунд
python	4 тысячи	0.10154	0.56	460
	50 тысяч	0.09104	0.62	459
	120 тысяч	0.089844	0.601	460
mojo	4 тысячи	2.97	0.13	25678
	50 тысяч	3.23	0.11	25640
	120 тысяч	3.03	0.09	25656

Из таблицы 4.10 следует заметить, что на любом объёме данных модель, написанная на python обучилась намного быстрее, причины могут быть различными, например:

- Оптимизированность библиотек на python, реализация на mojo является прототипом от сообщества.
- Mojo находится в состоянии бета-тестирования и может выдавать разные результаты даже на одинаковых вычислительных мощностях.

Сравнение времени, затрачиваемого на обучение модели на языках python и на mojo соответственно приведено на рисунке 4.21.

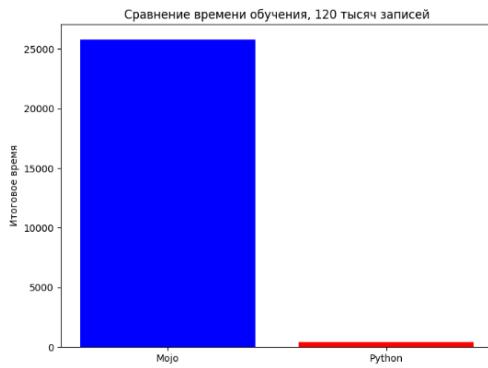


Рисунок 4.21 – Сравнение времени затраченного на обучение

Результаты моделей так же подтверждаются графиками функций потерь при обучении на рисунке 4.22:

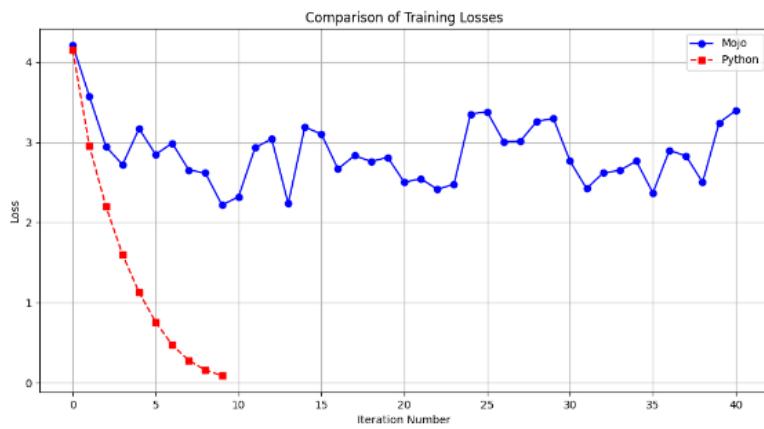


Рисунок 4.22 – Функции потерь обучаемых моделей

Полученные результаты говорят о высокой точности и надёжности модели, обученной на python, однако модель на mojo не смогла сойтись к минимуму даже за вдвое большее число итераций.

Описание технических характеристик, а именно языка программирования, средств для обучения модели, метрик и характеристик также важно и необходимо в связи с обоснованием получаемых результатов. Следует отметить, что ТИИ применяются в важном составном компоненте, а именно при составлении вопросов в свободной форме, что имеет ключевое значение в оценке знаний рассматриваемой группы дисциплин, читаемых в потоках и оттого насколько точными, и корректными будут результаты зависит в целом анализ итоговых и промежуточных результатов.

Основные этапы обучения модели для реализации обратной связи

приведены в Приложении Б.

Для обучения моделей для классификации ответов на основе исторических данных может использоваться контролируемое обучение с набором данных прошлых тестовых вопросов и ответов. Для модели классификации выбрана модель случайного леса. Преимуществом случайного леса является его способность обрабатывать большое количество признаков и работать с данными различных типов: числовые, категориальные, текстовые. Кроме того, модель не требует сложной предобработки данных и может работать с пропущенными значениями.

Разработка моделей обработки естественного языка (NLP) для анализа открытых ответов, выявления ключевых слов и фраз, указывающих на понимание студентом изучаемого материала.

Остановимся на требованиях к разработке системы по реализации рассматриваемого метода. Платформа должна легко интегрироваться с существующей, чтобы использовать данные о субъектах и материалы курса. Так как на данном этапе анализ от ИИ не требуется, то можно ограничиться такой моделью машинного обучения как случайный лес [154,175-177,288].

Выполнена бинарная классификация студентов с разделением на «успевающих» и «не успевающих».

Система тестов может быть куда более гибкой если появится возможность писать ответы в свободной форме, для проверки таких ответов необходим анализ от ИИ. На сегодняшний день в СДО отсутствует возможность анализа информации одновременно с разных факультетов и профилей. Текущий вариант тестов так же не предполагает ответов в свободной форме, в связи с чем, рассматриваемая АОС позволит реализовать данные функции.

Тип модели обработки естественного языка (NLP) для анализа открытых ответов, выявления ключевых слов и фраз, указывающих на понимание изучаемого материала, хорошо зарекомендовал себя для работ, подразумевающих анализ текстовой информации. За основу модели взята версия GPT с открытым исходным кодом, является достаточно мощной, чтобы понять семантический смысл тестовых вопросов [90,123,171,313-322].

Результаты работы алгоритма и модели (рисунки 4.23, 4.24).

Student,Question,Given answer,Correct answer,Result
Student_0 see detailed answers for context.,Correct
Student_1 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_2 see detailed answers for context.,Correct
Student_3 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_4 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_5 see detailed answers for context.,Correct
Student_6 see detailed answers for context.,Correct
Student_7 see detailed answers for context.,Correct
Student_8 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_9 see detailed answers for context.,Correct
Student_10 see detailed answers for context.,Correct
Student_11 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_12 see detailed answers for context.,Correct
Student_13 see detailed answers for context.,Correct
Student_14 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_15 see detailed answers for context.,Correct
Student_16 see detailed answers for context.,Correct
Student_17 see detailed answers for context.,Correct
Student_18 see detailed answers for context.,Correct
Student_19 see detailed answers for context.,Correct
Student_20 see detailed answers for context.,Correct
Student_21 see detailed answers for context.,Correct
Student_22 see detailed answers for context.,Incorrect
Student_23 see detailed answers for context.,Incorrect

Рисунок 4.23– Фрагмент выгрузки результатов ответов

На рисунке 4.23 представлен фрагмент выгрузки результатов на примере прохождения элемента учебного курса. Пример выгруженных данных является входным набором в алгоритме АОС для выявления затруднений по блокам вопросов. Обработка ТИИ осуществляется по стандартным метрикам оценки таким как функция ошибки с указанием числа эпох обучения, результаты приведены на рисунке 4.24.

```
{"loss": 0.3289, "grad_norm": 1.1123300790786743, "learning_rate": 4.9316939890710386e-05, "epoch": 0.04}  
{"loss": 0.1408, "grad_norm": 1.4174730777740479, "learning_rate": 4.8975409836065575e-05, "epoch": 0.06}  
{"loss": 0.0914, "grad_norm": 0.3122701048851013, "learning_rate": 4.863387978142076e-05, "epoch": 0.08}  
{"loss": 0.0815, "grad_norm": 1.7127434015274048, "learning_rate": 4.829234972677596e-05, "epoch": 0.1}  
{"loss": 0.0596, "grad_norm": 0.3717009723186493, "learning_rate": 4.795081967213115e-05, "epoch": 0.12}  
{"loss": 0.0395, "grad_norm": 0.3727916479110718, "learning_rate": 4.760928961748634e-05, "epoch": 0.14}  
{"loss": 0.0319, "grad_norm": 0.3445340394973755, "learning_rate": 4.726775956284154e-05, "epoch": 0.16}  
 {"loss": 0.0196, "grad_norm": 0.3693811893463135, "learning_rate": 4.692622950819672e-05, "epoch": 0.18}  
 {"loss": 0.019, "grad_norm": 0.2073083519935608, "learning_rate": 4.6584699453551915e-05, "epoch": 0.2}  
 {"loss": 0.015, "grad_norm": 0.4189535677433014, "learning_rate": 4.6243169398907104e-05, "epoch": 0.23}
```

Рисунок 4.24 – Результат обучения модели ответов в свободной форме

Описание этапов алгоритма с предобработкой и работой со словарями ключевых слов (обязательных, дополнительных):

1. Подготовка базы вопросов:

Создание JSON-файла с вопросами, содержащего:

Текст вопроса.

Список обязательных ключевых слов (required_keywords).

Словарь бонусных ключевых слов с весами (bonus_keywords).

Пример: для вопроса «Сформулируйте второй закон Ньютона» обязательные слова могут быть [«сила», «масса», «ускорение»], а бонусные — {«формула»: 1, «ньютон»: 0.5}.

2. Нормализация текста:

Приведение текста ответа и ключевых слов к нижнему регистру.

Удаление знаков препинания с использованием string.punctuation.

Лемматизация слов с помощью библиотеки pymorphy2 для учёта различных форм слов (например, «масса» и «массой»).

3. Анализ ответа:

Сравнение нормализованного ответа студента с нормализованными ключевыми словами.

Подсчёт найденных обязательных слов и вычисление базового балла (от 1 до 5) в зависимости от доли найденных слов.

Подсчёт бонусных слов с учётом их весов для дополнительного балла.

4. Оценка:

Базовый балл определяется по доле найденных обязательных слов (пример распределения в баллах):

100% — 5 баллов.

75–99% — 4 балла.

50–74% — 3 балла.

25–49% — 2 балла.

Менее 25% — 1 балл.

Добавление бонусного балла за каждое найденное бонусное слово с учётом его

веса. Итоговый балл = базовый балл + сумма весов бонусных слов.

5. Формирование отчёта:

Вывод результата, включающего:

Базовый балл.

Список найденных и пропущенных обязательных слов.

Список найденных бонусных слов с их весами.

Итоговый балл.

6. Интеграция и тестирование:

Загрузка базы вопросов из JSON-файла.

Выбор случайного вопроса для тестирования.

Сбор ответов студентов и их автоматическая оценка.

Проверка точности системы на различных типах ответов (кратких, развёрнутых, частично правильных).

Оценку результатов GigaChat осуществляли через метрики BLEU и ROUGE, значения которых составили 0,68 и 0,72, что показывает достаточную близость генерируемых ответов к эталонным.

Нормализация текста с функциями оценки текста приведены в Приложении В.

Листинги с результатами классификаций при аннотировании в сценариях АОС приведены в Приложении В.

Рассмотрим основные случаи: полностью верный ответ (рисунок 4.25), частично правильный ответ (рисунок 4.26), неправильный ответ (рисунок 4.27).

Вопрос: Могут ли «Переменные системы» и «Переменные сессии» иметь переменную с одинаковым именем?

Ваш ответ: да система может иметь в сессии переменные с одинаковым именем

Результат оценки:

Базовый балл: 5

Обязательные слова: найдено 4/4 (найдено: да, одинаковый, имя, переменный; пропущено: нет)

Бонусные слова: система (+1), сессия (+1)

Общий балл: 7

Рисунок 4.25. Верный ответ

Вопрос: К основным этапам работы с хранилищами данных относят:

Ваш ответ: извлечение, преобразование, очистка и загрузка

Результат оценки:

Базовый балл: 5

Обязательные слова: найдено 4/4 (найдено: извлечение, преобразование, очистка, загрузка; пропущено: нет)

Бонусные слова: не найдены

Общий балл: 5

Рисунок 4.26. Верный ответ по ключевым словам

Вопрос: Когда Data Science стал общеупотребительным в контексте дисциплины, интегрирующей все направления использования данных?

Ваш ответ: во 80хх годах

Результат оценки:

Базовый балл: 2

Обязательные слова: найдено 1/4 (найдено: год; пропущено: 70, xx, век)

Бонусные слова: не найдены

Общий балл: 2

Рисунок 4.27. Неправильный ответ

Рассмотрим вариант реализации с использованием GigaChat российской модели ИИ GigaChat для автоматической оценки текстовых ответов. GigaChat, разработанный Сбербанком, является мощной языковой моделью, способной анализировать контекст и оценивать полноту и правильность ответов на основе теоретической базы. В отличие от подходов, основанных на проверке ключевых слов или семантическом сходстве, GigaChat позволяет проводить качественный анализ, учитывая смысл, структуру и соответствие ответа заданной теории. Это особенно важно для кратких, но правильных ответов, таких как формулы (например, « $F = m * a$ » для второго закона Ньютона), которые могут быть недооценены при использовании только метрик сходства.

Преимущества подхода:

- Гибкость: GigaChat оценивает ответы любой длины и формы, от формул до развёрнутых текстов.
- Экономия ресурсов: Автоматизация сокращает время без ручной проверки с автоматизацией.
- Объективность: ИИ устраняет субъективные факторы, характерные для ручной проверки.
- Доступность: GigaChat — бесплатная модель для личного использования (с

квотами), что делает её подходящей для образовательных целей.

Пошаговая реализация:

1. Сбор данных: определение теоретической базы, формулировка вопроса, связанного с теорией, получение ответа студента через пользовательский интерфейс или ввод в систему.

2. Формирование промпта: создание текстового запроса (промпта) для GigaChat, включающего:

- Теоретическую вставку.
- Вопрос.
- Ответ.

- Инструкцию для ИИ: оценить полноту и правильность ответа, присвоить балл от 0 до 100 и предоставить пояснение.

3. Получение токена доступа: отправка запроса к API GigaChat для получения токена доступа с использованием Basic-аутентификации. Параметры: уникальный идентификатор запроса (RqUID), ключ авторизации, область действия (scope: GIGACHAT_API_PERS).

4. Отправка запроса к GigaChat:

- Передача промпта в API GigaChat через endpoint /chat/completions.
- Настройка параметров: выбор модели (например, GigaChat), ограничение длины ответа (max_tokens).

- Обработка ответа:

- Извлечение оценки (балл от 0 до 100) и пояснения из ответа GigaChat.
- Обработка возможных ошибок (например, проблемы с сетью или неверный формат ответа).

5. Вывод результата:

- Отображение балла и пояснения для пользователя.
- Возможность интеграции результата в СДО (например, Moodle).

6. Тестирование и оптимизация:

- Проверка системы на различных ответах (коротких, развёрнутых, частично правильных).
- Сбор обратной связи от преподавателей для уточнения промпта и повышения

точности оценки.

Пример теоретической части, вопроса и получения ответа, формирование промта и запрос к GigaChat представлены в Приложении Г.

Проведем тестирование получившейся структуры и отметим уникальные случаи и детальный анализ с учетом мультимодальных данных при взаимодействии субъектов ЦОС и семантического анализа контента (Рисунки 4.28-4.30).

Сформулируйте второй закон Ньютона.

Введите ответ: $F = m * a$

Оценка GigaChat:

Оценка: 100

Пояснение: Ответ полностью соответствует формулировке второго закона Ньютона,

Рисунок 4.28 – Ответ в виде формулы

Сформулируйте второй закон Ньютона.

Введите ответ: сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на его ускорение

Оценка GigaChat:

Оценка: 100

Пояснение: Ответ студента полностью соответствует формулировке второго закона Ньютона из

Рисунок 4.29 – Ответ в словесной форме

Сформулируйте второй закон Ньютона.

Введите ответ: силы взаимодействия двух тел равны по величине

Оценка GigaChat:

Оценка: 20

Пояснение: В ответе студент неверно сформулировал второй закон Ньютона. Соглас

Рисунок 4.30 – Неправильный ответ

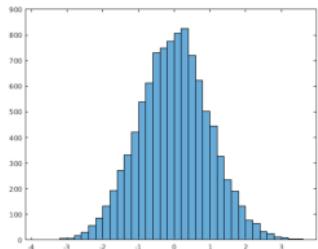
Анализ перечисленных сценариев (рисунки 4.26-4.30) приводится в приложении Д.

Полное пояснение: В ответе студент неверно сформулировал второй закон Ньютона. Согласно теории, второй закон Ньютона описывает зависимость

между силой, массой и ускорением тела ($F = m * a$). Студент же упомянул только о равенстве сил при взаимодействии двух тел, что относится к третьему закону Ньютона. Таким образом, ответ неполный и содержит ошибку.

Пример заданий с использованием изображений в качестве вопросов и ответов с генерацией автоматизированной проверки приведены на рисунках 4.31-4.33.

Вопрос: Какое распределение изображено на графике? Назовите 2 статистических свойства, которые определяются визуально.



Ваш ответ: На изображении представлен график плотности нормального распределения. Среди двух ключевых свойств выделяются унимодальность и симметричность. Хвосты распределения плавно убывают.

Результат оценки:

Базовый балл: 5
Обязательные слова: найдено 4/4 (найдено: нормальный, распределение, унимодальность, симметричность; пропущено: нет)
Бонусные слова: хвост (+1), убывать (+1)
Общий балл: 7

Рисунок 4.31. Полностью верный ответ с вопросом, где содержится изображение

Вопрос: Данна матрица ошибок модели наличия возгорания. Рассчитайте precision и recall для класса «Горит» с точностью до третьего знака после запятой. В ответе объясните метод расчёта параметров.

		Матрица ошибок	
		Не горит	Горит
Истинные значения	Не горит	238	6
	Горит	4	162
Прогнозные значения			

Ваш ответ: Precision = TP / (TP + FP) = 0.979, Recall = TP / (TP + FN) = 0.968

Результат оценки:

Базовый балл: 5
Обязательные слова: найдено 7/7 (найдено: precision, recall, TP, FP, FN, 0.979, 0.968; пропущено: нет)
Бонусные слова: не найдены
Общий балл: 5

Рисунок 4.32 – Верный ответ, по ключевым словам, где содержится изображение

Вопрос: Укажите, как называется приложенная картина, кто является её автором и когда она была написана.



Ваш ответ: Мона Лиза

Результат оценки:

Базовый балл: 2

Обязательные слова: найдено 1/4 (найдено: Мона Лиза; пропущено: Леонардо да Винчи, 1503, 1519)

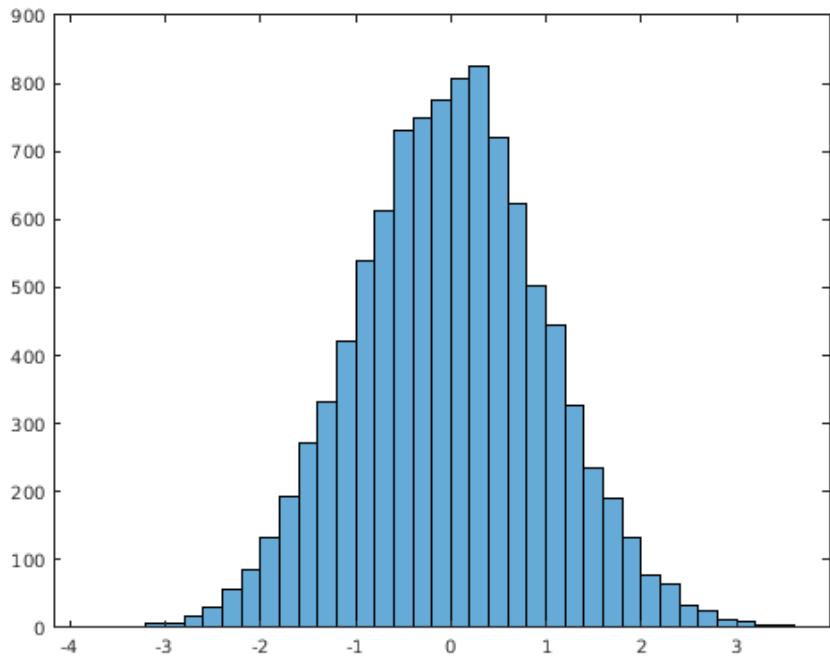
Бонусные слова: не найдены

Общий балл: 2

Рисунок 4.33 – Неправильный ответ, где содержится изображение

Описание реализации в АОС языковой модели при работе с изображениями:

Вопрос: Какое распределение изображено на графике? Назовите 2 статистических свойства, которые определяются визуально.



Ответ языковой модели:

На изображении представлен график плотности нормального распределения (гауссова распределения) с центром в точке 0.

3 статистических свойства, которые бросаются в глаза:

Симметричность – распределение симметрично относительно нуля (максимум в центре).

Унимодальность – единственный пик (мода = среднее = медиана ≈ 0).

Хвосты – плавное убывание плотности при удалении от центра (характерно для нормального распределения).

Дополнительные наблюдения:

Стандартное отклонение (σ):

Примерно 1.5–2 (по спаду до ~ 200 на расстоянии $\pm 3\sigma$ от центра).

Эксцесс (kurtosis):

Умеренный (не слишком острый/плосковершинный пик).

Вопрос: Данна матрица ошибок модели наличия возгорания. Рассчитайте precision и recall для класса «Горит». В ответе объясните метод расчёта параметров.

		Матрица ошибок	
		Не горит	Горит
Истинные значения	Не горит	238	6
	Горит	4	182
		Не горит	Горит
		Прогнозные значения	

Ответ языковой модели:

1. Сначала "расшифруем" матрицу ошибок:

True Positive (TP) = 182: Модель правильно предсказала возгорание (сказала "Горит", и действительно горит).

False Positive (FP) = 4: Модель неправильно предсказала возгорание (сказала "Горит", но на самом деле не горит). Это "ложная тревога".

False Negative (FN) = 6: Модель пропустила возгорание (сказала "Не горит", но на самом деле горит). Это очень опасная ошибка.

True Negative (TN) = 238: Модель правильно предсказала отсутствие возгорания (сказала "Не горит", и действительно не горит).

2. Расчёт Precision (Точности) для класса "Горит"

Precision отвечает на вопрос: "Насколько мы можем доверять положительному прогнозу модели?"

Другими словами, какая доля объектов, которые модель назвала "Горящими", действительно горит.

Формула:

$$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$$

Подставляем значения:

$$\text{Precision} = 182 / (182 + 4) = 182 / 186 \approx 0.9785$$

Interpretation (Интерпретация): Когда наша модель говорит, что происходит возгорание, она права в ~97.85% случаев. Уровень ложных тревог очень низкий.

3. Расчёт Recall (Полноты) для класса "Горит"

Recall отвечает на вопрос: "Какую долю всех реальных возгораний модель смогла обнаружить?"

Это критически важная метрика для задач, где пропуск положительного класса (возгорания) очень дорого стоит.

Формула:

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$$

Подставляем значения:

$$\text{Recall} = 182 / (182 + 6) = 182 / 188 \approx 0.9681$$

Interpretation (Интерпретация): Модель обнаруживает и правильно идентифицирует ~96.81% всех реальных возгораний. Пропускается лишь около 3.2% возгораний.

Вопрос: Укажите, как называется приложенная картина, кто является её автором и когда она была написана



Ответ языковой модели:

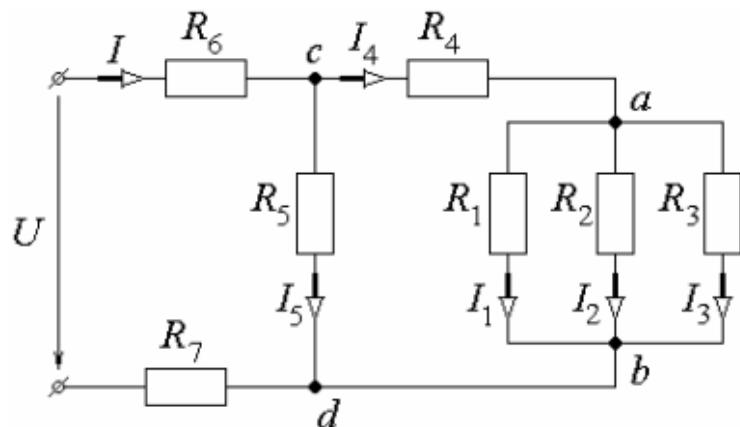
Одной из самых известных картин, хранящихся в Лувре, является «Мона Лиза» (также известная как «Джоконда»).

Автор: Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci)

Год написания: 1503–1519 (картина создавалась на протяжении многих лет)

Это произведение является жемчужиной коллекции Лувра и одной из самых знаменитых картин в мире. Она известна своей загадочной техникой исполнения (сфумато), композицией и, конечно же, неуловимой улыбкой Джоконды.

Вопрос: найти эквивалентное сопротивление, показанной на рисунке, показав поэтапное преобразование. К цепи приложено напряжение U .



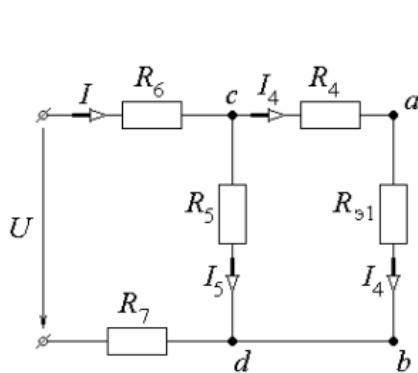
Сопротивления R_1 , R_2 , R_3 соединены параллельно. Их эквивалентная

проводимость $G_{\text{э}1}$ и сопротивление $R_{\text{э}1}$ равны:

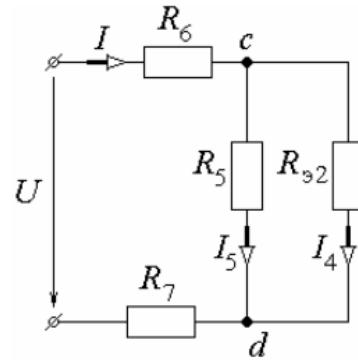
$$G_{\text{э}1} = G_1 + G_2 + G_3 = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3;$$

$$R_{\text{э}1} = 1/G_{\text{э}1}$$

В результате исходная схема приводится к эквивалентной схеме (а), в которой сопротивления R_4 и $R_{\text{э}1}$ соединены последовательно. Их эквивалентное сопротивление $R_{\text{э}2} = R_4 + R_{\text{э}1}$ (б).



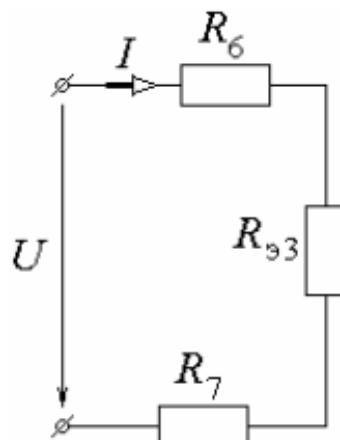
a)



б)

На участке cd сопротивления R_5 и $R_{\text{э}2}$ соединены параллельно; их эквивалентное сопротивление $R_{\text{э}3} = (R_5 * R_{\text{э}2}) / (R_5 + R_{\text{э}2})$.

В результате «свертки» исходная схема приводится к схеме (в), в которой сопротивления R_6 , $R_{\text{э}3}$ и R_7 соединены последовательно. Эквивалентное сопротивление исходной цепи $R_{\text{э}} = R_6 + R_{\text{э}3} + R_7$.



в)

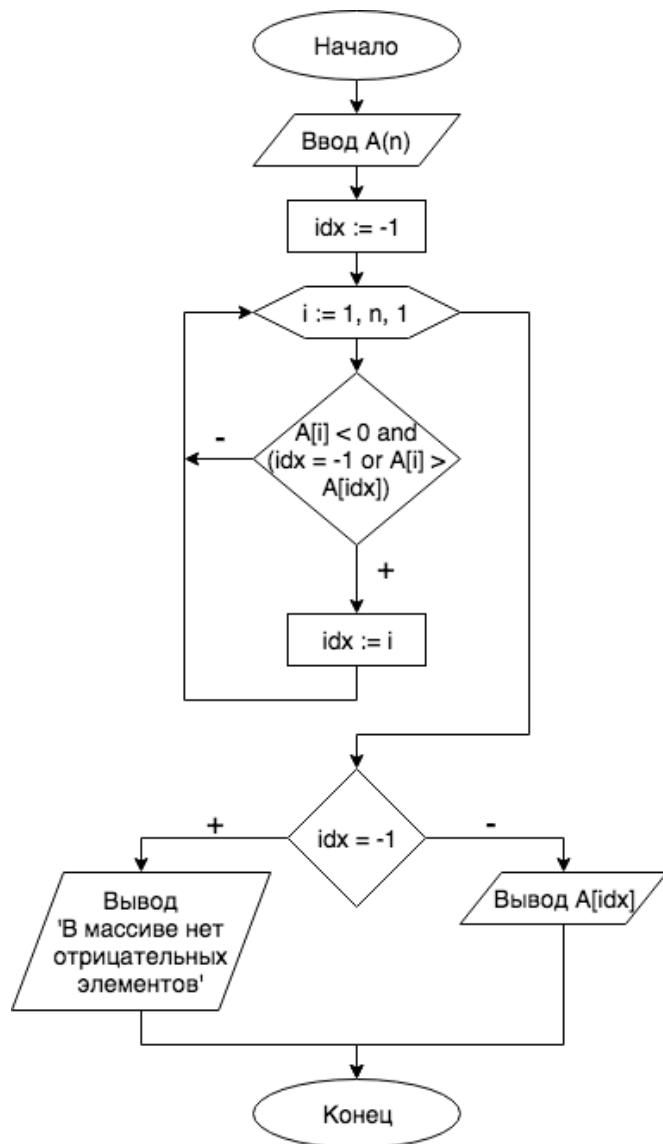
Вопрос: Нарисуйте схему электрической цепи, состоящей из источника тока, ключа, соединительных проводов и двух ламп, соединённых параллельно.

Ответ:

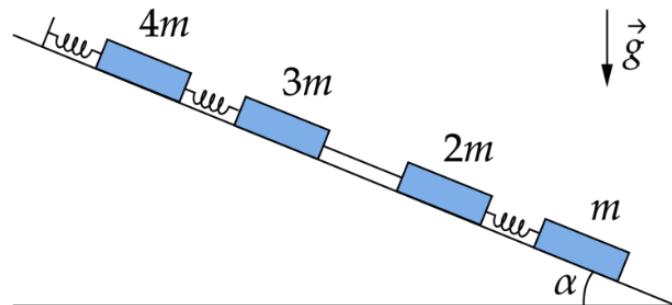


Вопрос: Составьте блок-схему для нахождения максимального отрицательного элемента одномерного массива

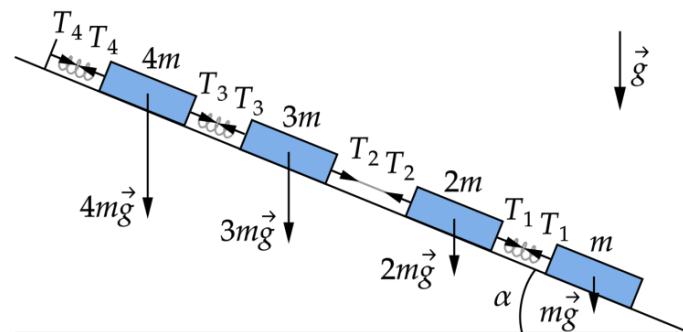
Ответ:



Вопрос: Бруски с массами m , $2m$, $3m$ и $4m$, соединённые лёгкими пружинами и нитью (см. рисунок), удерживаются неподвижно с помощью упора на гладкой наклонной поверхности с углом наклона к горизонту α ($\sin\alpha = 1/6$). Изобразите силы, действующие на бруски, и напишите, чему равна сила натяжения нити.



Ответ:



Сравнение подходов (на основе GigaChat и по ключевым словам). Составим таблицу, в которой отметим аспекты каждого из подходов (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Сравнение подходов

Аспект	Ключевые слова	GigaChat
Метод оценки	Анализ наличия обязательных и бонусных ключевых слов с использованием лемматизации.	Контекстный анализ ответа с использованием языковой модели GigaChat.

Продолжение таблицы 4.11

Точность	Высокая для чётко структурированных вопросов, но ограничена при отсутствии ключевых слов.	Более точная для сложных и неструктурированных ответов, учитывает семантику.
Гибкость	Требует заранее заданных ключевых слов, менее гибок для нестандартных ответов.	Высокая гибкость, подходит для кратких и развёрнутых ответов без явных ключевых слов.
Сложность реализации	Простая, требует только JSON-базу и pymorphy2.	Сложнее из-за необходимости API и обработки токенов доступа.
Ресурсы	Локальная обработка, минимальные требования к вычислениям.	Требует интернет-соединения и API-доступа, ограничения по квотам.
Прозрачность	Чёткий отчёт о найденных/пропущенных словах, легко интерпретируемый.	Пояснение зависит от модели, может быть менее структурированным.
Применение	Эффективен для дисциплин с чёткими терминами (например, физика, математика).	Универсален, подходит для любых дисциплин, включая гуманитарные.
Цена	Полностью бесплатен, использует открытую библиотеку pymorphy2.	Бесплатен с квотами, но требует API-доступа.

Подход с ключевыми словами лучше подходит для чётко структурированных вопросов, где важны конкретные термины или формулы (например, « $F = m * a$ »). Он проще в реализации и не требует внешних API, но менее гибок для сложных или нестандартных ответов.

Подход с GigaChat более универсален, так как учитывает контекст и семантику, а не только наличие слов, лучше справляется с оценкой развёрнутых или неформальных ответов.

Проанализированные варианты применения архитектур на этапах обратной связи с примерами реализации можно обобщить в виде структурного описания, какая архитектура и на каком этапе использовалась в АОС (таблица

4.12).

Таблица 4.12 – Описание этапов и архитектур

№	Этап замкнутого цикла	Решаемая задача	Архитектура	Описание реализации в АОС
1	Формирование входного потока	Сбор и формализация данных		Прием текстовых и мультимодальных данных
2	Предобработка текста	Очистка и токенизация данных	локальные процессоры (encoder – архитектура BERT)	Приведение к унифицированному формату
3	Семантический анализ	Анализ смысловой составляющей ответа (семантическое моделирование контента)	encoder – архитектура	Построение векторных представлений и сравнение с эталоном
4	Классификация необходимости АОС	Необходима ли доработка ответа	ML - классификатор	Варианты: «принять ответ», «отправка на генерацию АОС»
5	Генерация АОС	Создание персонализированного комментария	GPT/GigaChat	Формирование связного текста с анализом ошибок
6	Локальная защита данных	Обеспечение приватности и хранения данных	Ollama	Генерация и хранение ответов без выхода в облако
7	Аннотирование	Добавление метаданных к АОС	GPT/GigaChat	Проставление тегов, указание уровня сложности, ключевых понятий
8	Отправка и анализ АОС	Доставка субъекту, оценка результатов АОС, корректировка модели (обновление весов)	GPT	Анализ ответной реакции, улучшение точности и персонализации

На этапе семантического анализа осуществляется преобразование текстового ответа в контекстно-зависимое векторное представление.

Концептуально данный этап реализуется на базе архитектуры двунаправленного encoder-трансформера типа BERT, обеспечивающего формирование семантических эмбеддингов. В практической реализации для объединения этапов семантического кодирования и генеративной интерпретации использована языковая модель GPT, в которой функции encoder реализуются неявно во внутренних представлениях decoder-блоков. В практической реализации несмотря на использование генеративной архитектуры GPT (приложение Б), внутренняя структура модели формирует контекстно-зависимые семантические представления, функционально эквивалентные выходам encoder-моделей типа BERT). Из текста формируем векторное представление ($z_i = \varphi_{enc}(x_i)$) с семантической интерпретацией аналогичной (BERT), далее для генерации формируем вектор: $\hat{x}_i = \varphi_{gen}(z_i)$, т.е. переход от анализа к кодированию и далее генерация.

Таким образом, на аналитическом этапе преобладает применение encoder – архитектуры, на генеративном - GPT/GigaChat, при защищенной генерации и реализации сценариев замкнутого цикла в ЦОС – Ollama.

Архитектура в замкнутом цикле ЦОС при реализации АОС является гибридной, так как применяется комбинация архитектур на этапах семантического анализа, классификации, генерации текста обратной связи с разметкой обратной связи метаданными. Структурно схема гибридной архитектуры метода интеллектуального анализа информации для ППР в ЦОС с учетом замкнутого цикла мультимодальных данных и семантического анализа контента представлена на рисунке 4.34.

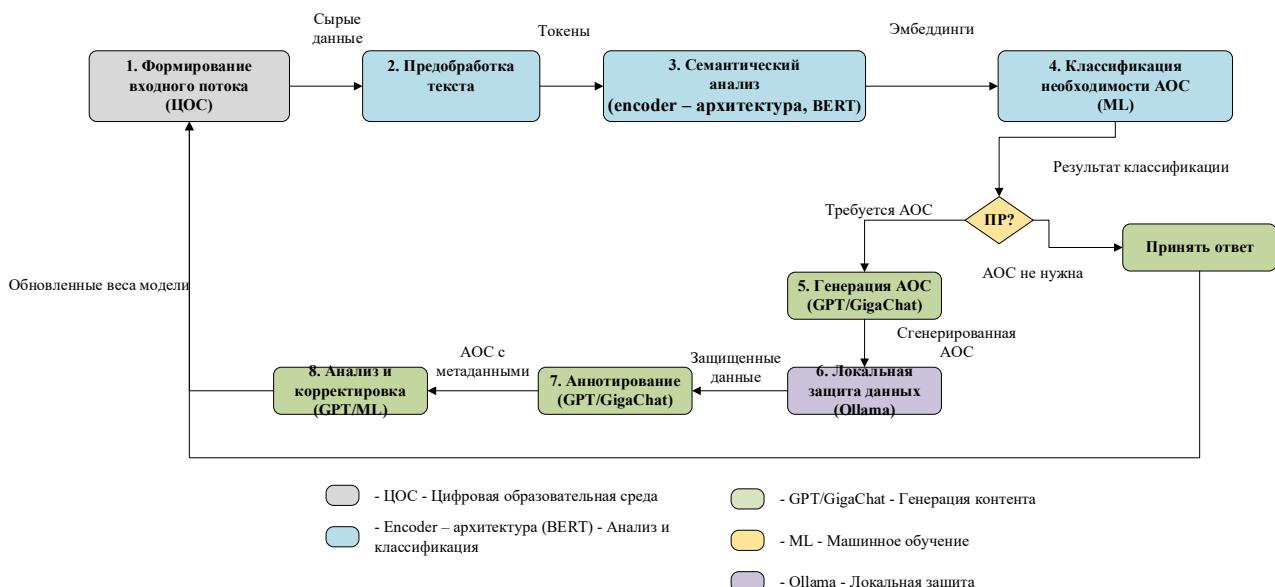


Рисунок 4.34 – Схема замкнутого цикла АОС в ЦОС

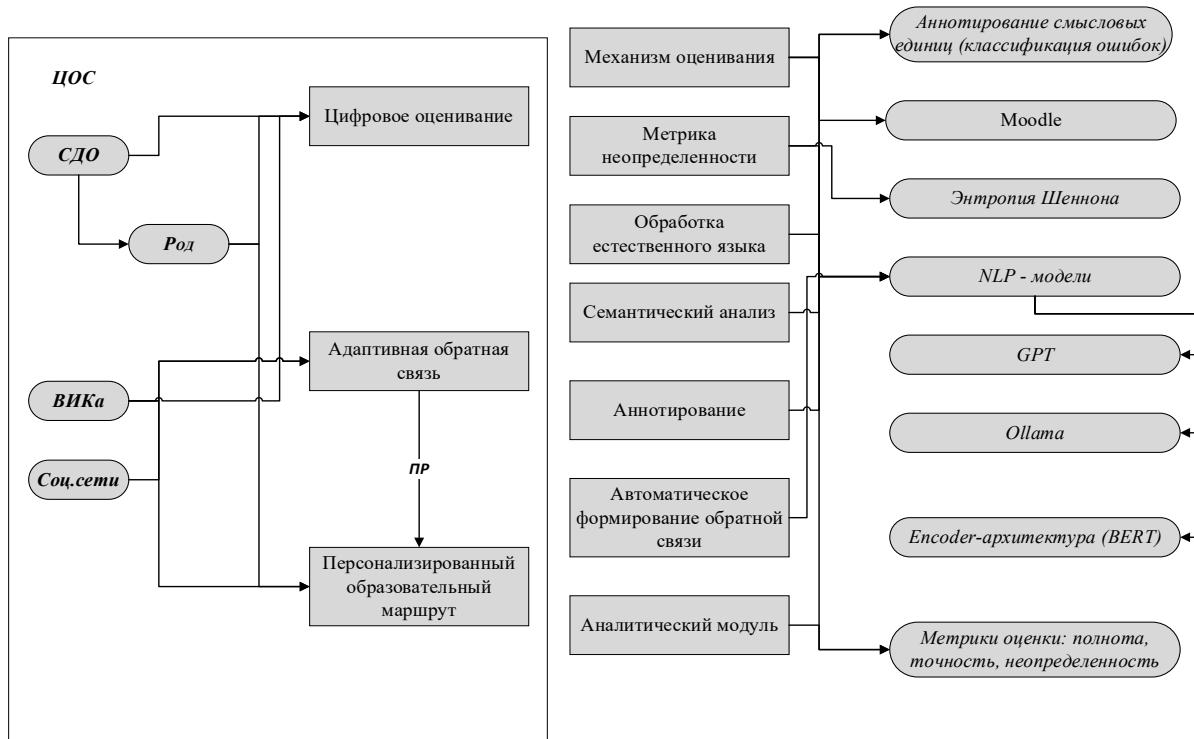


Рисунок 4.35 – Схема инструментов метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС

Этапы замкнутого цикла в АОС с описанием инструментов (рисунок 4.35):

1. Формирование входного потока. Источник субъект, тип потока – естественный язык (ЦОС).
2. Предобработка данных. Токенизация, лемматизация, удаление стоп-слов (encoder-архитектура (BERT)). BERT использовали как архитектурный ориентир

семантического моделирования. В реализации использована GPT, так как позволяет совместить семантическое моделирование и генерацию обратной связи в одной модели, при этом encoder-функция реализуется неявно во внутренних слоях трансформера.

3. Семантический анализ. Сравнение с эталоном, вычисление эмбеддингов (encoder-архитектура (BERT)).

4. ПР о необходимости обратной связи (encoder-архитектура /ML – классификатор).

5. Генерация обратной связи (GPT/GigaChat, ЦОС).

6. Защищенная генерация, хранение (Ollama).

7. Аннотирование и доставка обратной связи (GPT/GigaChat, ЦОС).

8. Анализ и корректировка модели (GPT, ML).

4.3 Реализация сценария адаптивной обратной связи

Реализация сценариев в АОС представляет стохастическую и многокритериальную модели. Сочетание моделей связано с вероятностным оцениванием по показателям на каждом шаге при серии действий субъектов в сценарии и определением значимости каждого показателя в интегральной оценке [41,46,63,144,201-202].

Этапы аналитического модуля оценки сценария в АОС:

1. ML применяется в задаче классификации о необходимости в обратной связи. Возможны варианты запуска АОС как алгоритмом классификации на основе показателей из ЦОС: серия неверных ответов, пропусков заданий, так и с инициацией самим субъектом [87-89,260,290-292].

2. Сбор данных.

$$D_{ij} = \{t_{ij}, r_{ij}, c_{ij}, e_{ij}, p_{ij}\}, \quad (4.1)$$

где:

t_{ij} – время ответа по i -му элементу j -го субъекта (студента);

r_{ij} – ответ по i -му элементу j -го субъекта (студента) $\{0,1\}$ (неверный,

верный);

c_{ij} – степень сложности задания от простейшего к наивысшей степени сложности (задается экспертной оценкой) [0,1];

e_{ij} – число коррекций, изменений, исправлений i -го элемента j -ым субъектом;

p_{ij} – поведенческий показатель определяется числом переключений между вкладками, паузами.

3. Нормирование показателей. Многокритериальная агрегация (4.2 – 4.6).

$$x_{1,ij} = 1 - \frac{t_{ij}}{t_{\max}}, \quad (4.2)$$

где:

t_{\max} – максимальное время выполнения задания/подготовки ответа.

$$x_{2,ij} = r_{ij} \quad (4.3)$$

$$x_{3,ij} = r_{ij} * c_{ij}^{\gamma}, \quad (4.4)$$

где:

γ – относительная сложность задания.

$$x_{4,ij} = 1 - \frac{e_{ij}}{e_{\max}}, \quad (4.5)$$

$$x_{5,ij} = 1 - \frac{p_{ij}}{p_{\max}}, \quad (4.6)$$

где:

e_{\max} – максимальное количество корректировок в контексте выполнения сценария;

p_{\max} – максимальное количество переключений, пауз в сценарии;

Дополнительные параметры, отражающие совместное влияние. Сочетание скорости и правильности (4.7), с учетом сложности (4.8) :

$$x_{6,ij} = r_{ij} * x_{1,ij}, \quad (4.7)$$

$$x_{7,ij} = r_{ij} * c_{ij}^{\gamma} * x_{1,ij}, \quad (4.8)$$

4. Интегральная оценка с весами показателей (4.9, 4.10).

$$\sum_{k=1}^7 w_k = 1, \quad (4.9)$$

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^7 w_k * x_{k,ij}, \quad (4.10)$$

5. Динамическая интегральная оценка по серии вопросов (4.11)

$$S_j^{(i)} = \alpha * S_j^{(i-1)} + (1 - \alpha) * S_{ij}, \quad (4.11)$$

где:

$\alpha \in [0,1]$ - коэффициент памяти системы, чем ближе к 1 тем сильнее влияние, то есть учитываются предыдущие ответы.

6. Стохастическая интерпретация на основе вероятности освоения материала (4.12).

$$P_j^{(i)}(L) = \frac{P(S_j^{(i)}|L) * P(L)}{P(S_j^{(i)})}, \quad (4.12)$$

где:

$P_j^{(i)}(L)$ – апостериорная вероятность усвоения темы из запущенного сценария;

$P(S_j^{(i)}|L)$ – вероятность оценки при усвоенном материале;

$P(L)$ – априорная вероятность (из истории по субъекту (студенту));

$P(S_j^{(i)})$ – нормирующий множитель.

7. Вероятностный выбор стратегии (сценария) в АОС.

Стратегии $A(m) = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$: повтор материала, переход к следующему учебному модулю, запрос на учебные материалы или консультацию, повышение сложности заданий в следующей серии вопросов, запуск серии уточняющих вопросов/заданий (4.13).

$$P(a_i) = \frac{e^{\beta * u_i}}{\sum_{q=1}^m e^{\beta * u_q}}, \quad (4.13)$$

где:

u_i – полезность стратегии;

β – параметр чувствительности;

m – число стратегий.

8. Выбор сложности следующего шага (задания):

$$c_{i+1,j} = \text{clip}\left(c_{ij} + \eta(2r_{ij} - 1)(2P_j^{(i)}(L) - 1), 0, 1\right), \quad (4.14)$$

где:

$\eta > 0$ – шаг.

8. Продолжение сценария (серии):

8.1. Выбранная стратегия.

8.2. $P_j^{(i)}(L) < P_{\min}$ серия продолжается с аналогичным сценарием.

8.3. $P_j^{(i)}(L) > P_{\text{target}}$ серия завершается досрочно.

8.4. Если $i = N$ серия из сценария завершается (лимит вопросов) вне зависимости от результата.

8.5. Отсутствие прироста информации за определенное число шагов (плато): $|S_j^{(i)} - S_j^{(i-1)}| < \varepsilon$.

Перевод в балльную систему оценивания осуществляется через S_{ij} (*100 в стобалльной системе, через диапазоны значений от 0 до 1 в пятибалльной).

Аннотирование, то есть присвоение тексту метки на основе содержания необходимо на этапе ПР в АОС. Полученные метки необходимы в интегральном показателе в многокритериальной и стохастической моделях.

Основная цель аннотирования заключается в переводе неструктурированных ответов, комментариев в категориально организованное представление. Примером категоризации при взаимодействии субъектов: ППС – Студент при реализации сценария в АОС на разных этапах является:

1. В алгоритме классификации о необходимости АОС: «да», «нет» с учетом инициации субъектом или методом на основе показателей из ЦОС.

2. На этапе реализации сценария взаимодействия субъектов при АОС, метки: «полное соответствие», «высокая степень соответствия», «необходима проверка экспертов», «низкая степень соответствия».

Необходимо отметить, что вариант категоризации классов применим для всех групп субъектов в ЦОС и является важным этапом при реализации АИС ППР, так на основе меток классов осуществляется принятие решений как субъектами, так и системой. Рассмотрим детализацию присвоения меток классам при реализации сценария в замкнутом цикле ЦОС.

Схема применения аннотирования на разных этапах замкнутого цикла ЦОС с семантическим анализом образовательного контента приведена на рисунке 4.36.

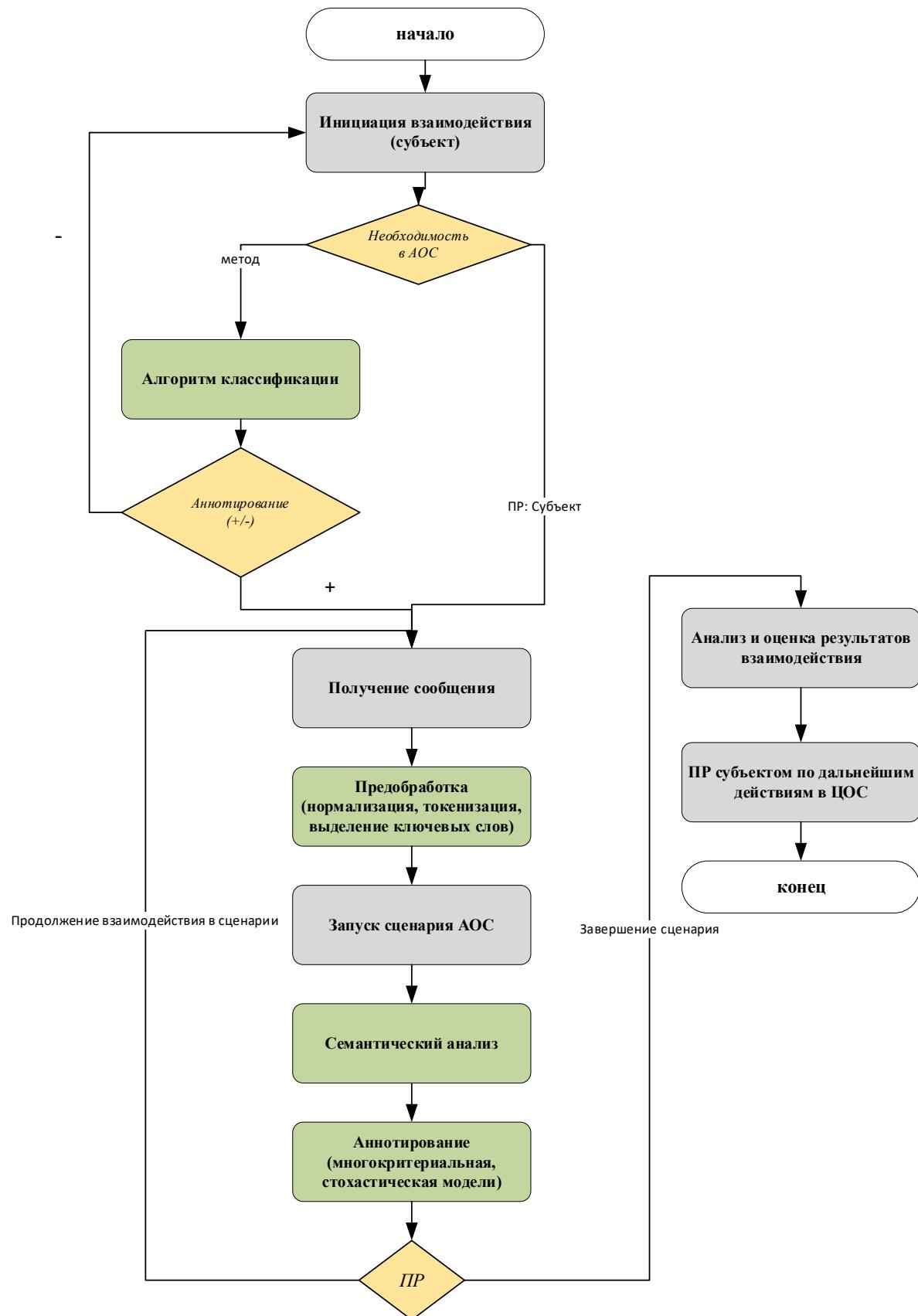


Рисунок 4.36 – Схема этапов применения аннотирования при реализации метода интеллектуального анализа АОС

Алгоритм запуска сценария в методе интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС для ППР в ЦОС реализует аннотирование при ответах в свободной форме в виде следующей категоризации (4.15).

$$S_{ij} = \frac{|E_i \cap R_j|}{|E_i|}, \quad (4.15)$$

где:

E_i – множество эталонных смыслов,

R_j – ответ.

Модель ИИ в алгоритме сценария принимает на вход состояние v_{ij} возвращает y_{ij} , т.е. функция (4.16):

$$y_{ij} = f_\theta(v_{ij}), \quad (4.16)$$

где:

θ – параметры обученной модели.

Анализируя систему оценивания необходимо отметить, что ответы обучающихся являются вариативными и контекстуальными, в связи с этим требуется гибкая модель оценивания, основанная на когнитивно-информационной обработке с аналитическим представлением. Систему оценивания можно отнести к классу систем со сложной структурой, адаптивной настраиваемостью в условиях высокой степени неопределенности. Метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС включает не только описание процесса цифрового оценивания с АОС, но и аналитическое представление интерпретации результатов оценивания. К ограничениям можно отнести:

- адаптация к различным форматам данных (мультимодальность);
- индивидуальные особенности (характеристики) субъектов;
- устойчивость к неопределенности (неполнота, многозначность, вариативность форм ответов).

При этом к ограничениям в методе интеллектуальной обработки информации относятся:

- выполнение унифицированного оценивания разноформатных ответов;
- оценивание в условиях неопределенности;

- интеллектуальная адаптация.

Таким образом, метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС является частью сложной адаптивной информационной системы в условиях неполноты, многозначности и динамичности входных данных. Архитектура таких систем выходит за рамки классических моделей [100,169,170,273].

Конкретизируем неопределенности в системе оценивания:

1. Семантическая. Открытые формулировки ответов не всегда однозначны, неопределенность в однозначной интерпретации терминов.
2. Мультимодальная (форматная). Информация из разных источников и разных типов (текст, изображение) и с разной степенью надежности и полноты.
3. Стохастическая. Результат не полностью детерминирован входными данными.

Для оценивания показателя r_{ij} в сценарии АОС относительно неопределенности, допускается введение энтропии Шеннона (4.17):

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2(x_i), \quad (4.17)$$

где x_i – значения оценки (априорные вероятности).

Высокая энтропия свидетельствует о максимальной неопределенности.

Возможно применение и индекса нечеткости при экспертной проверке результатов (4.18) [183-187,276-279].

$$M = 1 - \max_j s_{ij}, \quad (4.18)$$

где:

i – фактический ответ обучающегося;

j – эталонный вариант ответа для сравнения.

При этом пороговые значения для интерпретации результатов могут быть:

1. $s_{ij} = 1$ полное соответствие (совпадение ожидаемых и фактических результатов).
2. $s_{ij} \in [0,85; 1)$ высокая степень соответствия.
3. $s_{ij} \in [0,5; 0,85)$ необходима проверка экспертов для уточнения степени соответствия фактического и эталонного ответа.
4. $s_{ij} < 0,5$ низкая степень соответствия (неверный или неполный ответ).

Далее опишем этапы вычисления результатов цифрового взаимодействия субъектов в общем виде не только для разматываемой выше категориальной пары в контексте реализации метода интеллектуальной обработки обратной связи.

Рассмотрим реализацию этапов анализа мультимодальных данных.

1 этап: формирование входного набора (4.19-4.21):

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (4.19)$$

где:

X – множество входных ответов обучающихся с учетом мультимодальности.

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}, \quad (4.20)$$

где:

F – формат представления;

m – индекс формата (текст, аудио, видео, изображение).

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_z\}, \quad (4.21)$$

где:

K – множество оценочных критериев;

z – индекс критерия.

2 этап: приведение к единому векторному представлению:

$$\varphi: X \rightarrow R^d, \quad (4.22)$$

где:

$\varphi(x_i)$ – преобразователь формата.

3 этап: вычисление меры сходства:

$$s_{ij} = \frac{\vec{v}(a_i) \cdot \vec{v}(r_j)}{\|\vec{v}(a_i)\| \cdot \|\vec{v}(r_j)\|}, \quad (4.23)$$

где:

a_i – ответ субъекта;

r_j – эталонный ответ;

$s_{ij} = 1$ – сильное семантическое сходство, при 0 отсутствие сходства.

4 этап: принятие решения:

Максимальное сходство (4.24):

$$S_i = \max_j s_{ij} \quad (4.24)$$

Обратная уверенность (4.25):

$$M = 1 - S_i, \quad (4.25)$$

Итоговая классификация с учетом контекста (4.26):

$$S_{ij}^m = \alpha S_{ij}^1 + \beta S_{ij}^2 + \gamma S_{ij}^3, \quad (4.26)$$

где:

$\alpha + \beta + \gamma = 1$ – веса модальностей;

S_{ij}^m – сходство по соответствующей модальности.

Реализация рассмотренного варианта оценивания взаимодействия субъектов с учетом ограничений будет описана с примерами в пятой главе диссертации в рамках АИС ППР.

Опишем этапы и инструментарий реализации обратной связи, являющейся частью метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС.

Сбор, обработка и отправка сообщений в сценарии осуществляется в единой архитектуре, но из разных источников: социальные сети, чат-бот, СДО. Рассмотрим реализацию этапа генерации и хранения ответов без выхода в облако. В модуле диалога участников образовательного процесса используется локальный LLM-сервер Ollama для генерации уточняющих вопросов на основе ответа студента и списка ключевых идей. В текущей конфигурации используется модель mistral, которая распространяется под Apache License Version 2.0. Система адаптирована под собственную задачу интеллектуального опроса студентов с уточняющими вопросами. Модель адаптирована под формат заданий с ключевыми понятиями для уточняющих вопросов и ответов в режиме диалога.

Состав проекта:

- main.py — основной скрипт опроса студента и анализа ответов;
- prompt.txt — шаблон для генерации уточняющих вопросов;
- Questions.json — банк вопросов;
- results.xlsx — файл, в который сохраняются результаты тестирования;
- requirements.txt — необходимые зависимости и их версии.

Алгоритм сценария взаимодействия в АОС на Рисунке 4.37. Параметры N, K указываются непосредственно преподавателем при настройке теста или же

задаются в АИС ППР.

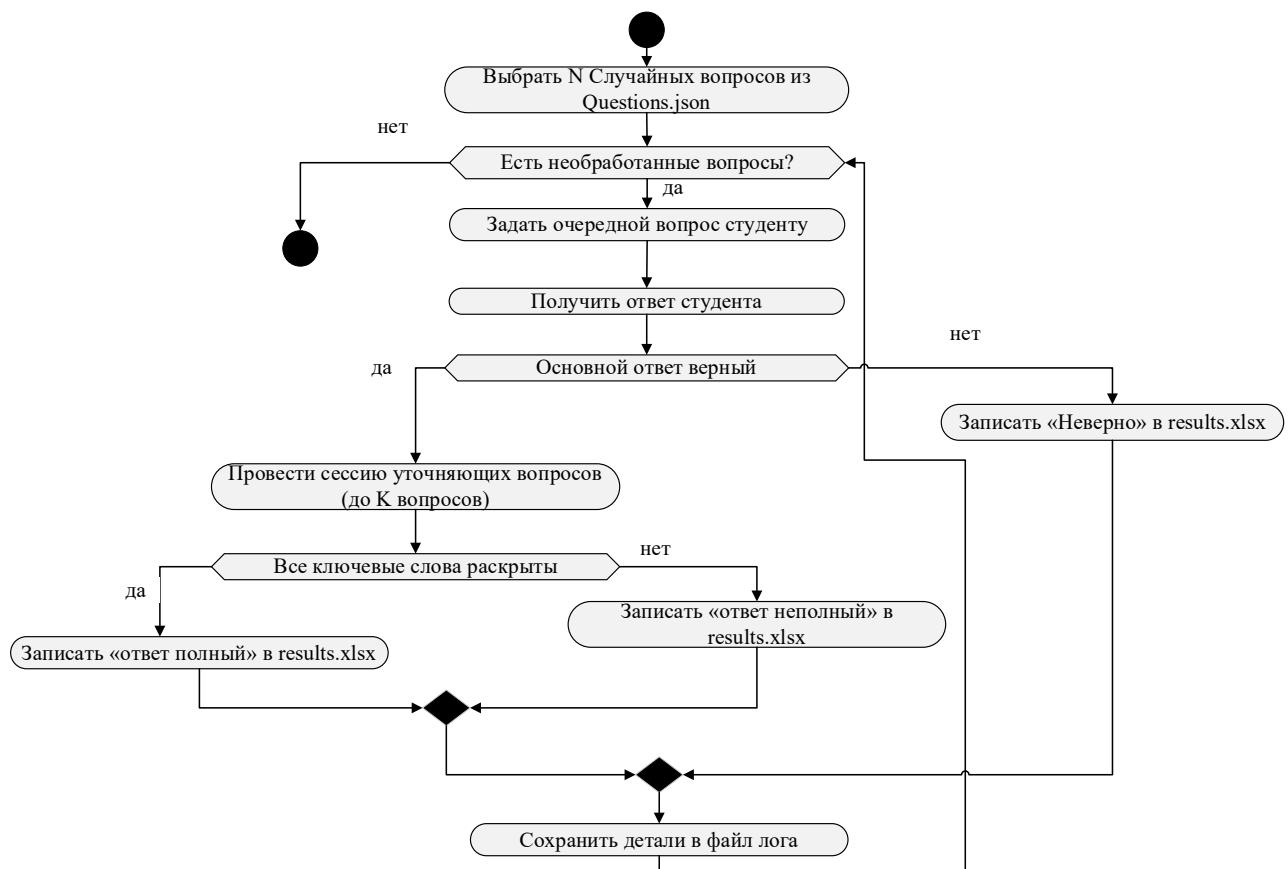


Рисунок 4.37 – Алгоритм сценария в АОС

Тест состоит из N вопросов, случайным образом выбранных из банка (questions.json). Студенту поочерёдно задаются эти вопросы. Для каждого из них процесс, следующий:

1. Основной ответ: студент вводит свой ответ. Если ответ неверный, система переходит к следующему вопросу. Если ответ верный, запускается механизм уточняющих вопросов.
2. Уточняющие вопросы: генерируются на основе ключевых понятий (keywords), указанных для каждого вопроса. Всего может быть задано до K уточняющих вопросов (например, $K = 3$).
3. Критерии полноты: если все ключевые понятия раскрыты за K уточняющих вопросов или меньше — ответ считается полным. Если не все keywords раскрыты — ответ считается неполным.
4. Сохранение результатов: Итог для каждого вопроса записывается в таблицу results.xlsx: Столбцы: Попытка | № вопроса | Полнота ответа (Неверно /

Ответ неполный / Ответ полный). Все вопросы, уточняющие вопросы и ответы студента сохраняются в текстовый файл в папке Logs/.

На Рисунке 4.38 представлен пример оформления банка вопросов.

```
"id": "q6",
"text": "Какая метрика лучше всего подходит для оценки качества классификации с несбалансированными классами?\n1. Accuracy\n2. Precision\n3. Recall\n4. F1-score",
"correct_answer": "F1-score",
"correct_option": 4,
"keywords": [
    "дисбаланс",
    "оценка качества модели",
    "показатели точности",
    "предсказание метод",
    "распределение по категориям",
    "соотношение классов"
]
```

Рисунок 4.38 – Пример оформления банка вопросов

На Рисунке 4.39 представлен пример неверного ответа и верного ответа с последующими уточняющими ответами.

```
Вопрос 1 из 5:
Что такое бустинг в статистике?
1. Метод оценки точности выборочных статистик путём повторной выборки
2. Метод кластеризации
3. Функция потерь
4. Алгоритм обучения

-----
Ответ: ответ 3
Ответ неверный. Переходим к следующему вопросу.

Вопрос 2 из 5:
Что из перечисленного является примером распределения вероятностей?
1. Нормальное распределение
2. К-средних
3. Метод якорных векторов
4. Решающие деревья

-----
Ответ: 1
Уточняющий вопрос:
Как вы думаете, какими характеристиками можно определить нормальное распределение и как оно используется в практике?
Ответ: Нормальное распределение определяется симметричной колоколообразной формой, где среднее, мода и медиана совпадают. Его основными характеристиками является математическое ожидание и дисперсия. В практике оно используется для анализа

Уточняющий вопрос:
Как вы определили, что нормальное распределение – это случайная величина?
Ответ: Нормальное распределение описывает поведение случайной величины, значения которой с наибольшей частотой находятся около среднего и реже – на краях. Оно симметрично, имеет форму колокола, где среднее, мода и медиана совпадают. Использование этого распределения основано на том, что большинство наблюдений приходится на среднюю область, а остальные – на края.

Уточняющий вопрос:
Как вы можете объяснить, в каком контексте нормальное распределение используется? Может быть, приведите пример, где это распределение реально применяется?
Ответ: Нормальное распределение широко используется в статистике и машинном обучении для моделирования случайных величин, например, измерений роста людей, результатов экзаменов или ошибок измерений. Оно применяется при проверке гипотез, оценке параметров и т.д.

Вопрос 3 из 5:
Какой тип базы данных чаще всего используется для хранения больших данных?
```

Рисунок 4.39 – Пример диалога

На Рисунке 4.40 представлен файл results.xlsx. За номер попытки принимается сессия.

	A	B	C	D
1	Попытка	№ вопроса	Полнота ответа	
2	1		1 Неверно	
3	1		2 Ответ полный	
4				

Рисунок 4.40 – results.xlsx

На Рисунке 4.41 представлен пример записанного лога по тесту, чтобы

преподаватель при необходимости мог проверить ответы вручную.

```
== Сессия #1 ==

Вопрос 1: Что такое бутстрэппинг в статистике?
1. Метод оценки точности выборочных статистик путём повторной выборки
2. Метод кластеризации
3. Функция потерь
4. Алгоритм обучения
Ответ: ответ 3

Вопрос 2: Что из перечисленного является примером распределения вероятностей?
1. Нормальное распределение
2. К-средних
3. Метод опорных векторов
4. Решающие деревья
Ответ: 1

Уточняющий вопрос: Как вы думаете, какими характеристиками можно определить нормальное распределение и как оно используется в практике?
Ответ студента: Нормальное распределение определяется симметричной колоколообразной формой, где среднее, мода и медиана совпадают. Его основными характеристиками являются математическое ожидание и дисперсия. В практике оно используется для анализа случайных величин, проверки статистических гипотез, а также в моделях, где предполагается нормальность ошибок, например, в линейной регрессии. Частота событий при этом наиболее высокая вблизи среднего значения и уменьшается к краям.

Уточняющий вопрос: Как вы определили, что нормальное распределение – это случайная величина?
Ответ студента: Нормальное распределение описывает поведение случайной величины, значения которой с наибольшей частотой находятся около среднего и реже – на краях. Оно симметрично, имеет форму колокола, где среднее, мода и медиана совпадают. Используется, например, при проверке статистических гипотез и анализе ошибок в данных.

Уточняющий вопрос: Как вы можете объяснить, в каком контексте нормальное распределение используется? Может быть, приведите пример, где это распределение реально применяется?
Ответ студента: Нормальное распределение широко используется в статистике и машинном обучении для моделирования случайных величин, например, измерений роста людей, результатов экзаменов или ошибок измерений. Оно применяется при проверке гипотез, построении доверительных интервалов и в алгоритмах классификации. Его особенность – большинство значений сосредоточены около среднего, а крайние значения встречаются реже.

Ответ полный
```

Рисунок 4.41 – Фрагмент записанного лога

Модуль классификации обратной связи: модель дообучена и доработана под конкретную задачу и специфику на базе предобученного трансформера от HuggingFace. Поддерживается запуск как на CPU, так и на GPU.

Состав проекта:

- student_feedback_classifier.ipynb — загрузка модели и функция классификации;
- папка saved_model — папка с конфигурацией и весами модели;
- requirements.txt — необходимые зависимости и их версии.
- requirements (для CUDA).txt — необходимые зависимости и их версии при использовании CUDA.

Функция для обработки входных данных перед подачей в модель и непосредственно классификация обратной связи:

```
def classify_feedback_test(text: str) -> str:  
    device = torch.device("cuda" if torch.cuda.is_available() else "cpu")  
    model.to(device)  
    inputs = tokenizer(text, return_tensors="pt", truncation=True,  
                      padding=True, max_length=128)  
    inputs = {k: v.to(device) for k, v in inputs.items()}  
    with torch.no_grad(): outputs = model(**inputs) logits = outputs.logits
```

```
predicted_class_id = logits.argmax().item()
    return model.config.id2label[predicted_class_id]
```

Для классификации используется функция `classify_feedback_test`, в которую передается обратная связь (Рисунок 4.42).

```
In 4 1 classify_feedback_test("все понятно и полезно, но мне понятна мат. часть")
Executed at 2025.07.25 13:40:34 in 111ms
```

```
Out 4      'Не усвоил, нужны материалы'
```

Рисунок 4.42 – Пример классификации

Реализация АОС в методе интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС приведена в Приложении Д.

Обобщенную схему интеллектуальной АОС в ЦОС с этапами реализации и мультимодальными данными с семантическим моделированием контента можно представить следующим образом (рисунок 4.43).

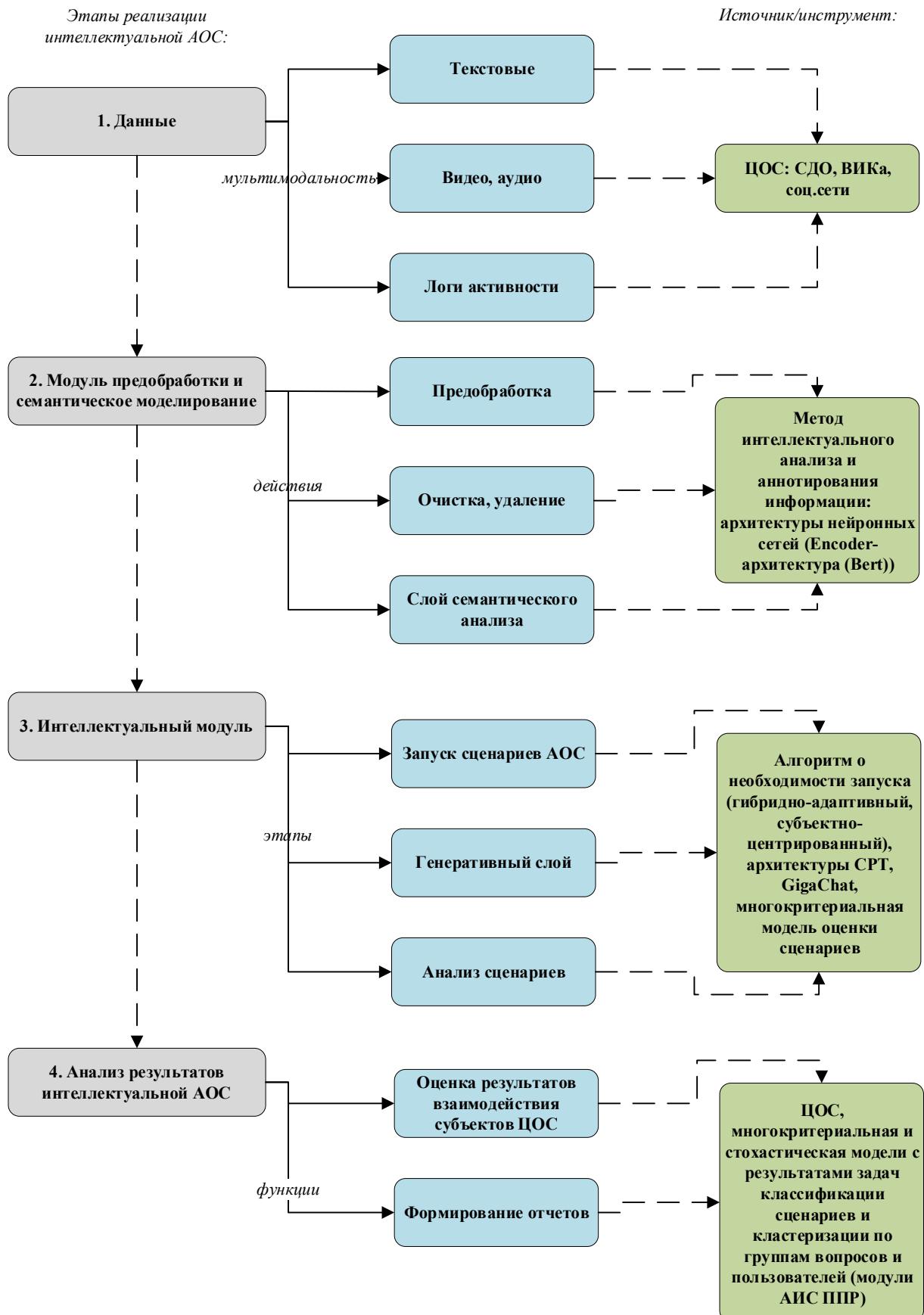


Рисунок 4.43 – Схема этапов интеллектуальной АОС

На схеме представлены этапы интеллектуального сопровождения субъектов ЦОС с инструментами для их реализации и компонентами как из

модифицированной архитектуры, так и метода интеллектуального анализа информации с алгоритмами аннотирования сценариев и запуска АОС, а также модули АИС ППР. Реализация АОС с применением ИИ в образовательном процессе позволит осуществлять оценку учебного процесса на срезе как дисциплин, так и профилей, и в целом осуществлять своевременную АОС субъектов. На рисунке 4.44 представлены результаты промежуточной аттестации с применением АОС в замкнутом цикле ЦОС.

Рисунок 4.44 – Результаты итоговой аттестации при АОС в замкнутом цикле ЦОС

Представленный фрагмент результатов обучения по учебной дисциплине приведен на примере дисциплины, читаемой в потоке «Математическая логика» где итоговой формой контроля является экзамен. Фрагмент выгрузки результатов показывает разбиение по пятибалльной шкале результатов со всеми элементами курса. Применение алгоритма, также позволяет значительно сократить время на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итоговой формы контроля, что особо важно для дисциплин, читаемых в потоке из-за значительного числа учебных групп без снижения качества получаемых знаний за счет автоматизации процесса оценки результатов с применением технологий ИИ (рисунок 4.45). Фрагмент времени, затрачиваемого одним преподавателем зачетной (экзаменацационной) сессии в

срезе одного дня суммарно по группам в соответствии с расписанием.

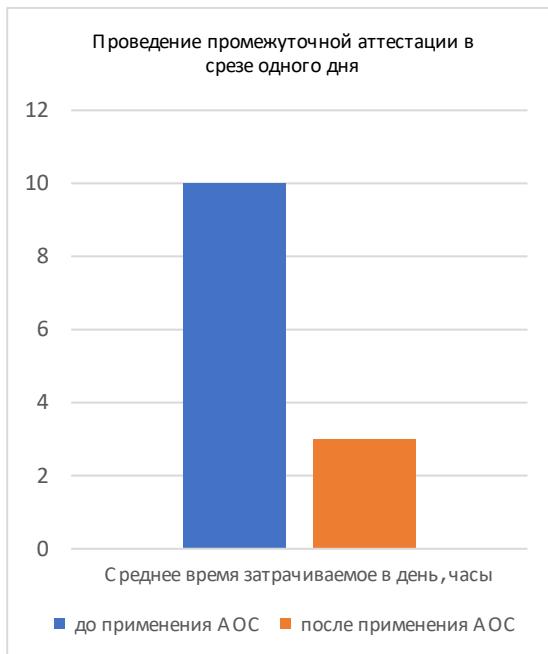


Рисунок 4.45 – Результаты промежуточной аттестации

Реализация АОС с применением алгоритмов классификации и реализации сценария АОС в методе интеллектуального анализа и аннотирования информации в образовательном процессе позволит осуществлять оценку учебного процесса на срезе как дисциплин, так и профилей, и в целом осуществлять своевременную АОС.

Предложенные решения на примере учебных дисциплин продемонстрировали потенциал интеграции ИИ в академическую среду.

Рассмотрим пример слабоформализуемых информационных потоков.

В случае с дисциплинами аспирантуры необходимо обратить внимание, что ключевым является подготовка к научно-практическому семинару результатом которого является доклад с защитой (рисунок 4.46). Допускается предположение о применении метода интеллектуальной обратной связи, но результатом может быть проверка на наличие ключевых слов и основных блоков, а вот будет ли содержание отвечать за раскрытие задания в области исследования аспиранта является спорным моментом, требующим анализа получаемых результатов. И таких примеров достаточно, учитывая индивидуальные особенности (специфику) как профилей, так и образовательных сред, например, практико-ориентированные курсы в системе среднего профессионального

образования (СПО) или специализированные учебные заведения с особенностями развития (заболеваний) обучающихся, в которых применение ТИИ к слабоформализуемым процессам может показать обратный результат, не отвечающий заявленным ожиданиям.



>60 аспирантов, 5 н.специальностей: 1.2.2, 2.3.1, 2.3.5, 2.3.8, 2.3.4

Рисунок 4.46 – Структура УП дисциплины аспирантуры: ТЦТ

В связи с описанным выше примером пришли к выводу о принципах, критериях выбора применения метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС в виде учебных дисциплин, то есть инструментом принятия решений будет тип гибридно-адаптивный при сильноформализованных вариантах или субъектно-центрированный, но на основе результатов АОС в слабоформализованных случаях.

Синергия от применения ТИИ в образовательной среде заключается в следующем:

- Реализована возможность применения АОС по всем видам учебной деятельности.
- Построены сценарии в АОС на основе многокритериально-стохастической модели.
- Оптимизация времени на этапе промежуточной (текущей) аттестации с применением модели случайного леса и GPT: модели показали хорошие результаты, исторические данные позволяют обучить модели под специфику

дисциплин, результаты моделей успешно использованы для последующего анализа и внесения изменений. Каждый из субъектов образовательного процесса с учетом применения рассмотренного метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС реализует возможность получения знаний, умений и навыков изучаемой дисциплины с пониманием практической значимости и роли в контексте профиля, понимания степени освоения студентом (группой) изучаемых разделов дисциплины, реализации обратной связи для своевременной корректировки структуры (наполнения) разделов дисциплины, повышения показателя «условия для получения качественного образования» в рейтинге оценки вузов. Результаты взаимодействия категориальной пары «синергия» и «диссинергия» в ЦОС представлены в части составных элементов данной среды (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Результаты категориальной пары

Категориальная пара	Синергия	Диссинергия
ТИИ – АОС	Реализация обратной связи как в процессе обучения, так и на этапе промежуточной /итоговой аттестации: - формирование тестовых заданий - обработка результатов и выработка дополнительных/ уточняющих заданий	Получение недостоверных результатов аттестации при реализации индивидуального/практико-ориентированного подхода
ТИИ – Субъект: ППС	Эффективная организация учебной/УМ деятельности	Снижение уровня ответственности и критического мышления участников образовательного процесса Отсутствие возможности полноценной реализации индивидуального подхода к студентам Девиация роли субъекта в ПР

ТИИ – Субъект: руководство	Эффективное взаимодействие СП	Угроза искажения этических принципов оценки результатов и ПР Возникновение рисков, связанных с кибербезопасностью, включая компрометацию данных студентов и образовательных учреждений
-------------------------------	----------------------------------	--

Таким образом, предложением к реализации исследуемого метода с учетом рисков в слабоформализуемых процессах, является:

1. Соблюдение баланса при интеграции ТИИ в образовательную среду, учитывающего как возможности, так и вызовы и проблемные вопросы, стоящие перед системой образования в условиях цифровизации. Не исключение ПР субъектно-центрированным типом.

1. Рекомендации для участников образовательной среды:

- принятие решений о целесообразности применения ТИИ на этапах учебного процесса;
- разработка механизмов, обеспечивающих прозрачность применения ТИИ при взаимодействии ППС с обучающимися;

2. Обеспечение этических принципов и учет индивидуальных потребностей обучающихся в процессе внедрения ИИ;

- устранение рисков утечки данных и повышение уровня осведомленности участников процесса о возможных угрозах кибербезопасности.

Можно предположить, что итоговый эффект взаимодействия будет зависеть от результата противоборства элементов категориальной пары, и взаимное сосуществование и взаимодействие нескольких разноцелевых элементов имеет более сложных характер, чем простое суммирование функциональных возможностей каждой из них.

Категориальная пара рассматривалась в слабоформализуемых процессах на примере учебного процесса, в связи с тем, что в хорошо формализуемых задачах возможны и в действительности существует ряд решений по автоматизации не требующей, и исключающей применение ТИИ, в

исследовании акцент смещен на синнергетические эффекты, но при принятии решений о применении ИИ в рассмотренной предметной области как и в других, необходимо учитывать диссинергитические эффекты.

Анализ синергетических и диссинергетических эффектов еще раз подтверждает целесообразность разработки метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС.

Рассмотрим этапы методического сопровождения при взаимодействии субъектов на примере организации учебного процесса по реализации АОС.

К входной информации рассматриваемого процесса АОС относится:

- информация из учебных планов о дисциплинах, данные по группам и потокам студентов;
- требования к потоковым и фундаментальным дисциплинам;
- методы оценивания.

Выходными (итоговыми) результатами являются:

- БД с результатами промежуточной (текущей, итоговой) аттестации;
- анализ результатов цифрового оценивания;
- статистика, затрачиваемого времени на проведение итоговых, контрольных мероприятий учебного процесса рассматриваемых дисциплин.

Материалы и методы, применяемые в АОС:

- для реализации АОС использовали СДО и ВИКа;
- на этапе промежуточной (текущей) аттестации ТИИ модель случайного леса и GPT;
- для формирования методических материалов учебной использовались ПО и сервисы вуза, в частности РПД и СДО, являющиеся компонентами ЦОС.

Для проведения анализа результатов реализации обратной связи в учебном процессе с применением метода интеллектуальной обработки и АОС на примере потоковой дисциплины «Технологии и инструментарий анализа больших данных» за один семестр, количество опрошенных участников составило 1322 по следующим критериям: своевременность, информативность, доступность, применение, цифровая эффективность. Связь критериев с показателями и полученными результатами приведена в таблице 4.14.

Разработанная методология и метод способствует повышению результативности (Рез↑) и интерпретируемости (И↑) принимаемых решений за счет соответствия информационно функциональных потребностей субъектов и информационно-функциональных возможностей обратной связи.

Таблица 4.14 – Результаты применения методологии

Критерий	Показатель	Анализ результатов
Своевременность	Доля заданий от всех разделов дисциплины по которым реализована обратная связь	По дисциплине ТИАБД предусмотрено 16 ч. лекций и 32 ч. практических занятий, по числу элементов оценивания: 8 лекций и 16 практических работ, из 24 элементов и 1322 участников. Значение показателя составило 0,8, т.е. по 20 элементам из 24.
	Среднее время между получением задания и обратной связи	Среднее время отклика по элементам дисциплины составило 5-6 часов
Информативность	Наличие содержательных рекомендаций	По результатам анкетирования студентов по пятибалльной шкале показатель содержательных рекомендаций составил 4,6
	Оценка содержательной части в обратной связи	По результатам анкетирования преподавателей по пятибалльной шкале показатель содержательных ответов студентов составил 4,2
Доступность	Процент участников, использовавших обратную связь	Из числа участников по дисциплине показатель составил 68% без учета частоты обращения к элементам

Продолжение таблицы 4.14

Применение	ПР о корректировке / изменении: % субъектов, внесших исправления в отчеты/задания с учетом применения обратной связи	Значение показателя по критерию составило 73,5%
Цифровая эффективность	Процент участников, оставивших позитивные комментарии по применению АОС	Показатель составил 83% не от общего числа участников в дисциплине ТИАБД, а от числа воспользовавшихся обратной связью

Итоговые значения из таблицы получены на основе выгрузки результатов разработанной программы для опроса субъектов ЦОС (приложение 3). Рассмотрим значения показателей:

1. Своевременность: учитывалось общее количество охваченных элементов учебного курса, а именно из 24 элементов и 1322 участников. Значение показателя составило 0,8, т.е. по 20 элементам из 24. Частота обращения к конкретным элементам дисциплины не входила в анализ критерия, но при необходимости с учетом результатов участников по каждому элементу дисциплины можно провести такую оценку.

Среднее время отклика по элементам дисциплины составило 8-10 часов, но стоит обратить внимание, что показатель относительный, так как это может быть связано с интервалами между занятиями и с учебным расписанием. Результаты выгрузки из СДО с рассчитанными итоговыми показателями критерия Своевременность приведены на рисунке 4.47.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Своевременность																				
1 (1,1)																				
Итог	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Факт обращения к элементу курса (1-да/0 - нет)	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	
Итог	20	0,833333																		
8 (1,2)																				
Итог	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Среднее время отклика (час. на 1 студ.)	9,5	6	3	11	5	2,5	8	2,5	4,5	10,5	3	5,5	12,5	2	3,5	7,5	4,5	7,5	8,5	
Итог	137	5,708333																		

Рисунок 4.47 – Результаты критерия Своевременность

2. Информативность: наличие содержательных рекомендаций с оценкой со стороны студентов по 5-ой шкале от 1 до 5 и показатель: оценка содержательной части в обратной связи со стороны субъектов по получаемым ответам от студентов рассчитанный по результатам анкетирования аналогично первому показателю по 5-ой шкале.

3. Доступность: процент субъектов, использовавших обратную связь, определялся как бинарный показатель по элементу (да/нет).

4. Применение: процент субъектов, внесших исправления в отчеты/задания с учетом применения обратной связи, указанный показатель отражает количественную оценку по результатам: да/нет по внесению исправлений и составил 73,5%.

5. Цифровая эффективность: процент субъектов, оставивших позитивные комментарии по применению обратной связи равен 83% от общего числа, участвующих в АОС. Результаты полученных значений показателей по критериям: Применение и Цифровая эффективность приведены на рисунке 4.48.

Применение					Цифровая эффективность				
студенты		Число студентов внесших исправления	Общее кол-во студ. Из выгрузки СДО	%	студенты		Число студентов внесших исправления	Общее кол-во студ. Из выгрузки СДО	%
1	1	993	1322	75,11346	1	0	1093	1322	82,67776
2	0				2	0			
3	0				3	0			
4	1				4	1			
5	1				5	1			
6	1				6	0			
7	1				7	1			
8	1				8	1			
9	1				9	1			
10	1				10	1			
11	0				11	0			
12	1				12	1			
13	0				13	0			
14	1				14	1			
15	1				15	1			
16	1				16	1			
17	1				17	1			
18	1				18	1			
19	1				19	1			
20	1				20	1			
21	1				21	1			
22	1				22	1			

Рисунок 4.48 – Результаты критериев: Применение и Цифровая эффективность

Оценка показателей информативность, доступность, применение АОС, цифровая эффективность в совокупности относятся к показателю интерпретируемости, являющегося частью основного показателя качества ПР обоснованности. В свою очередь полученные результаты показателей подтверждают повышение интерпретируемости. Точность подтверждается метриками оценки и значениями функции потерь при использовании архитектур нейронных сетей на этапах реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС при семантическом анализе и обработке естественного языка в сценариях с ответами в свободной форме.

Выводы по главе 4

В четвертой главе диссертационного исследования приведены этапы реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС в ЦОС. Рассмотрены алгоритмы аннотирования информации с примерами этапов в методе. Рассмотрены архитектуры нейронных сетей с реализацией на этапах сценариев в АОС.

Метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС отличается от известных методов применением стохастической и многокритериальной моделей при генерации сценариев при принятии решений с комбинацией архитектур и ТИИ.

Приведены примеры ЕБТЗ с разноформатностью данных и семантической обработкой при взаимодействии субъектов в АОС с описанием аналитической модели по оценке результатов, включающей многокритериальную и стохастическую модели.

Доказана концептуальная возможность интеграции аннотирования в сценариях АОС с гибридной архитектурой ТИИ. Приведена схема интеллектуального сопровождения субъектов ЦОС при АОС с семантическим анализом контента и рассмотрением в такой форме взаимодействия мультимодальных данных в сценариях АОС. Показана связь этапов интеллектуального сопровождения с инструментами модифицированной архитектуры и алгоритмами метода интеллектуального анализа и аннотирования информации в АОС.

Проведен анализ реализации сценариев в АОС на примере категориальных пар субъектов ЦОС. Выполнена оценка результатов взаимодействия субъектов ЦОС с декомпозицией показателей при оценке интерпретируемости и точности. Точность относится не напрямую к качеству принятия решения, а к методу интеллектуальной обработки информации в оценке адаптивного взаимодействия в сценариях обратной связи, что косвенно влияет на точность в принятии решений при анализе сценариев взаимодействия субъектов в ЦОС при АОС.

Следующим этапом исследования является реализация системы ППР с анализом взаимодействия субъектов ЦОС и оценкой реализации сценариев в АОС. При описании реализации автоматизированной информационной системы необходимо описание этапов проектирования и модулей для возможности масштабируемости как технических характеристик, так и дополнение по функционалу и субъектов ЦОС.

ГЛАВА 5. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

5.1 Реализация модулей автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений

Необходимость в АИС ППР состоит в способности обрабатывать большие объемы разнородных данных с адаптацией к персонализированным образовательным маршрутам и обеспечением своевременной обратной связи участников ЦОС при цифровом оценивании.

Цель разработки и внедрения АИС ППР заключается в повышении согласованности принимаемых решений при АОС в условиях многопоточности и цифровизации за счет гибридной архитектуры и модульной структуры системы [44,172,280].

К ключевым пользователям системы являющимися субъектами в замкнутом цикле, с описанием функциональных возможностей относятся:

1. ППС. К основным действиям и возможностям относятся анализ успеваемости, управление программными модулями, контроль нагрузки участников образовательного процесса, анализ цифрового следа обучающихся, наполнение, проверка и генерация заданий в ЕБТЗ с АОС.

2. Обучающиеся. Получение персонализированной обратной связи, прохождение АОС, выбор траектории при реализации сценариев в АОС.

3. Администрация образовательного учреждения (руководство, кафедра).

Управление программным обеспечением и модулями, аналитическое сопровождение образовательного процесса, анализ отчетов с результатами АОС в ЦОС, разработка стратегии образовательного процесса, запуск дополнительных курсов по результатам из АОС для тем и разделов дисциплин с низкими показателями освоения учебных материалов, сопровождение по организации, срокам и документам прохождения всех видов практик.

4. Методисты. При информационном типе потока осуществляют выгрузку и анализ элементов учебного процесса в ЦОС.

5. Разработчики цифровых платформ. Интеграция сервисов и масштабирование компонентов, оптимизация производительности системы.

Рассмотрим модули АИС ППР [209-210,228]:

1. Модуль сбора и интеграции данных. К источникам данного модуля относятся компоненты модифицированной архитектуры ЦОС: СДО, цифровое оценивание, LMS, ВИКа, АОС с ИИ.

2. Модуль АОС. Реализация онтологической модели замкнутого цикла взаимодействия субъектов с технологиями ИИ при генерации АОС.

3. Модуль интеллектуального анализа для реализации АОС. К методам относятся алгоритмы машинного обучения для реализации задач классификации принятия решений о необходимости в обратной связи при реализации сценария взаимодействия субъектов, алгоритм генерации сценария с семантическим анализом ответов.

4. Модуль аналитической обработки результатов АОС. Реализация целевой функции цифрового оценивания с описанием критериев, учитывающих время отклика системы, экспертную оценку, время обработки системы с анализом цифрового следа в модифицированной архитектуре ЦОС и определением уровня неопределенности.

5. Модуль принятия решений. Многокритериальная и стохастическая модели принятия решений для формирования рекомендаций с автоматическим подбором (генерацией) содержания. Модуль ПР включает:

1). Описание предметной области для модуля ПР реализовано в виде онтологической модели АОС для ППР.

2). Методы интеллектуального анализа информации в сценариях при взаимодействии субъектов (задачи классификации при определении типа вопросов, семантический анализ, сценарное моделирование для сопоставления фактических и эталонных сценариев).

3). Выбор оптимального решения. Многокритериальная оптимизация (точность, интерпретируемость, ресурсоэкономичность). Показатели эффективности АОС и качества ПР определяют систему критериев качества ПР.

техническая реализация модуля включает: обработку данных, модели машинного обучения, сценарный процессор с модулем оценки результатов в сценарии и ПР.

6. Модуль отчетности и визуализации результатов. Интерактивные отчеты, предусматривающие фильтрацию результатов в зависимости от условий отбора данных по запросам пользователей системы.

Пример, реализуемых направлений решений в системе по типам и применяемым методам и инструментам можно описать в табличном виде (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 –Анализ реализуемых решений в АИС ППР

Тип решения	Описание	Методы и инструменты
Оценивание	Автоматизация процесса АОС с оценкой результатов	NLP – модели (GPT, (encoder-архитектура, GigaChat), онтологическая модель.
Маршрутизация образовательного процесса	Формирование замкнутого цикла в ЦОС	Концепция идентификации дерева решений в обратной связи при управлении информационными потоками.
Диагностика рисков	Обнаружение «узких» мест, анализ технических возможностей системы	Анализ семантической полноты, экспертное оценивание
Прогнозирование результатов	Анализ результатов взаимодействия субъектов в ЦОС, выгрузка отчетов для ПР по актуализации материалов, изменении содержания/траектории образовательного процесса	Регрессия, нейронные сети

Входной информационный поток с учетом мультимодальных данных в замкнутом цикле ЦОС АИС ППР формируется из различных источников (компонентов) ЦОС:

- Чат-боты (ВИКа), обеспечивающие взаимодействие студентов с образовательной платформой;
- Социальные сети – сообщения, комментарии при реализации сценариев АОС;
- СДО – результаты выполнения заданий, тестов, ответов в свободной форме, пояснений при выполнении сценария в АОС.

Входные данные имеют неструктурированный характер, включают естественный язык, являясь при этом неоднородными. Поэтому на этапе сбора и обработки данных проходят процедуру предобработки, унификации форматов, приведение к структурированному (единому) виду. Осуществляется количественная структурная обработка данных с извлечением из текстовых сообщений признаков, необходимых для дальнейшего анализа. Предобработка (токенизация, удаление стоп-слов, стемминг, лемматизация), извлечение признаков – получение количественных показателей, нормализация показателей и формирование векторного представления.

На выходе АИС ППР формирует структурированное решение в виде рекомендательных сообщений, агрегированных отчетов, классификации состояний на основе полученных результатов в сценариях АОС.

В модуле сбора и интеграции данных реализуется этап семантической модели контента, а именно предобработка, очистка и структурирование данных:

1. Сбор данных из LMS, систем тестирования (СДО), платформ реализации АОС (социальные сети, ВИКа).
2. Фильтрация и очистка данных. Удаление дубликатов, неинформативных (пустых) сообщений из реализуемых сценариев.
3. Нормализация. Приведение форматов данных и единая структура: событие – метаданные – содержимое.
4. Интеграция данных. Сопоставление идентификатора субъекта из приложений и сервисов ЦОС.

На этапе первичного отбора данных осуществляем классификацию данных на событийные (вход, выход), контентные (тексты сообщений, ответы субъектов) и структурные (id: субъекта, курса, рабочей области, темы и т. д.). Каждое событие дополняем метаданными: время, субъект, контекст, тип активности. При формировании обучающего датасета учитываем типизацию на текстовые, числовые и категориальные (роль, тип сообщения) данные.

В ЦОС при реализации АОС при семантическом моделировании контента, входной набор данных разделяем на уровни:

- текстовые данные (сообщения субъектов, автоматические (шаблонные) ответы АИС ППР);
- поведенческие данные (количество сообщений, вопросов, ответных реакций, частота обращений);
- сценарные данные (совпадение эталонных и фактических сценариев, количество успешных адаптаций, конфликтные решения).

Таким образом указанные уровни данных являются ключевыми элементами семантической модели контента.

С учетом АОС принимаемые решения субъектами в ЦОС можно обобщить следующим образом (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Принимаемые решения при АОС в АИС ППР

Кто инициирует (субъект)	Тип связи	Принимаемые решения	Описание (обоснование)
ППС → Студент	Прямая / Обратная	Задания, рекомендации, пояснения, материалы для изучения / анализ ответов, предложения по дополнительному изучению, материалам,	На основании ответов, получаемых результатов с анализом из ЦОС ПР о дополнительном изучении или повышении уровня сложности заданий по темам или переход к следующему модулю
Студент → ППС	(дву направл енная в режиме диалога через АОС)		

Продолжение таблицы 5.2

Руководство → ППС	Прямая/ обратная	Запросы, рекомендации / результат запросов	Формирование отчетов на основе информации из АОС и ЦОС, т.е. внутренняя аналитика, ПР о корректировке учебных программ, содержания
АОС → Студент	прямая	Генерация рекомендаций, персонализированных маршрутов, сообщений	Типовые паттерны, цифровой след, база знаний, AI - модели
Студент → АОС	обратная	Траектория действий, результаты цифрового оценивания, активность	Анализ поведения в ЦОС с АОС
АОС → ППС ППС → АОС	Прямая / Обратная (дву направленная)	АОС предоставляет аналитику результатов (успеваемости), отчеты, информацию по релевантности уровней сложности заданий, базу знаний с рекомендациями и типовыми вопросами/ответами/запросами Обратная: ППС АОС оценки, комментарии, настройка критериев ПР: корректировка заданий и темпа обучения, выбор форм проверок, выбор акцентов при формировании комментариев	На основе аннотированных ошибок, классификации в необходимости обратной связи, цифрового следа в ЦОС, поведенческой аналитики

Опишем модуль аналитической обработки результатов АОС с сценариями взаимодействия. Для оценки результатов сценариев в АОС в модуле учитываются время отклика пользователей системы и обработки ответов, экспертное оценивание полноты и уровня сложности, структура учебных материалов и уровень неопределенности.

Этапы расчетов в аналитическом модуле опишем в табличном виде (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Этапы вычислений в аналитическом модуле

№ этапа	Название этапа	Описание
1	Интегральная оценка качества ответов	Включает целевую функцию с определением уровня сложности
2	Расчет времени отклика и обработки	Функция временной эффективности и целевая интегральная функция.
3	Нормированная итоговая оценка	Нормированная итоговая оценка включает распределение критериев по уровням сложности
4	Экспертная оценка	С включением расчета уровня неопределенности

Целевая функция интегральной оценки взаимодействия субъектов в АОС с учетом экспертной оценки по совокупности факторов включает точность ответа, полноту, скорость реагирования и сложность заданий. Интегральная оценка с дополнением экспертной оценки по одному элементу (5.1) [69,73,78,96,115,157-159,272].

$$Q_{ij} = w_1 s_{ij} + w_2 f_{ij} + w_3 e_{ij} + w_4 u_{ij}, \quad (5.1)$$

где:

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1, w_k \in [0,1] \quad (5.2)$$

s_{ij} – точность i-го обучающегося и j-го учебного элемента;

f_{ij} – полнота i-го обучающегося и j-го учебного элемента;

e_{ij} – экспертная оценка i-го обучающегося и j-го учебного элемента;

u_{ij} – неопределенность (энтропия) i-го обучающегося и j-го учебного элемента.

Определение сложности ответов с нормированием (5.3):

$$Q_{ij}^* = \frac{Q_{ij}}{c_j}, \quad (5.3)$$

где:

c_j – сложность задания (балльное задание в виде диапазона значений, например: [1,5].

Определение времени отклика и обработки с функцией временной эффективности (5.4):

$$T_{ij} = \exp(-\lambda_1 t_{ij}^t - \lambda_2 t_{ij}^s), \quad (5.4)$$

где:

λ_1, λ_2 – параметры снижения оценки за задержку по времени (эмпирические значения: 0,01-0,05) (в случае возрастания t_{ij} , наблюдается изменение $T_{ij} \rightarrow 0$).

Тогда итоговую оценку результатов АОС в виде целевой интегральной функции можно представить в следующем виде (5.5):

$$R_i = \sum_{j \in J} (Q_{ij}^* * T_{ij}) \quad (5.5)$$

Переменные для итоговой оценки результатов определяем из (5.3) и (5.4).

Нормированную итоговую оценку можно описать в (5.6):

$$S_i = \frac{R_i}{\sum_{j \in J} c_j} * 100\% \quad (5.6)$$

Переменные для нормированной итоговой оценки результатов определяем из (5.3) и (5.5).

Определим неопределенность через энтропию (5.7):

$$u_{ij} = -\sum_k p_k \log_2 p_k, \quad (5.7)$$

где:

p_k – вероятность класса k в модели («правильный», «неполный», «частично верный», «ошибочный», «нет ответа») [69,78,95,114].

Описание всех вариантов состояний, переходов, целевых значений и входов на основе адаптивного автомата позволяющее раскрыть показатель полноты в реализации АОС и качества принимаемых решений в ЦОС представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Полнота вариантов АОС в ЦОС

Состояние	Вход	Функция перехода	Целевые состояния (решения)
Анализ	Ответ, комментарий по обратной связи	ПР	Семантический анализ (генеративный этап модуля ПР)
Ожидание	Новый запрос, ответ, отчет	Анализ	АИС ППР начинает обработку
ПР	Результаты анализа	Гибридно-адаптивное или субъектно-центрированное	Определен сценарий АОС
Генерация АОС	Автоматический выбор	Доставка субъекту	Отклик системы (комментарий в сценарии)
Экспертная оценка	Передано субъекту	Доставка субъекту	Решение эксперта
Доставка субъекту	Сформированное решение	Наблюдение (мониторинг)	Субъект (получатель) получает результат АОС
Мониторинг	Ответ (реакция) субъекта	Адаптация (аналитический модуль оценки сценария АОС)	Система фиксирует результат
Адаптация	Метрики оценки (мониторинга)	Ожидание оценки	Корректировка профиля субъекта (обновление параметров АОС)
Отказ (ошибка)	Сбой, непредусмотренный поток	Переход систему фиксацией ошибки в с	Передача администратору АИС ППР (повторный запуск сценария АОС)

Таким образом, полнота качества принимаемых решений характеризуется покрытием всех вариантов решений и переходов в системе для любого состояния и входа при АОС в ЦОС.

Описание структуры модулей интеллектуального анализа и ПР в контексте АИС ППР будет приведено в п.5.2 и 5.3 диссертационного исследования при описании этапов проектирования концептуальной, логической и физической моделях проекта системы с программной реализацией модулей.

5.2 Структура проекта автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений

Проект АИС ППР представляет гибридную архитектуру с нейросетевыми моделями (GPT, Giga Chat, Ollama) на этапах реализации метода интеллектуального анализа и аннотирования информации в сценариях АОС в интересах ПР субъектами ЦОС, аналитическим модулем, включающим многокритериальную и стохастическую модели. Взаимосвязь человеко-машинного интерфейса с модулями обработки данных в АИС ППР возможно систематизировать следующим образом (рисунок 5.1).

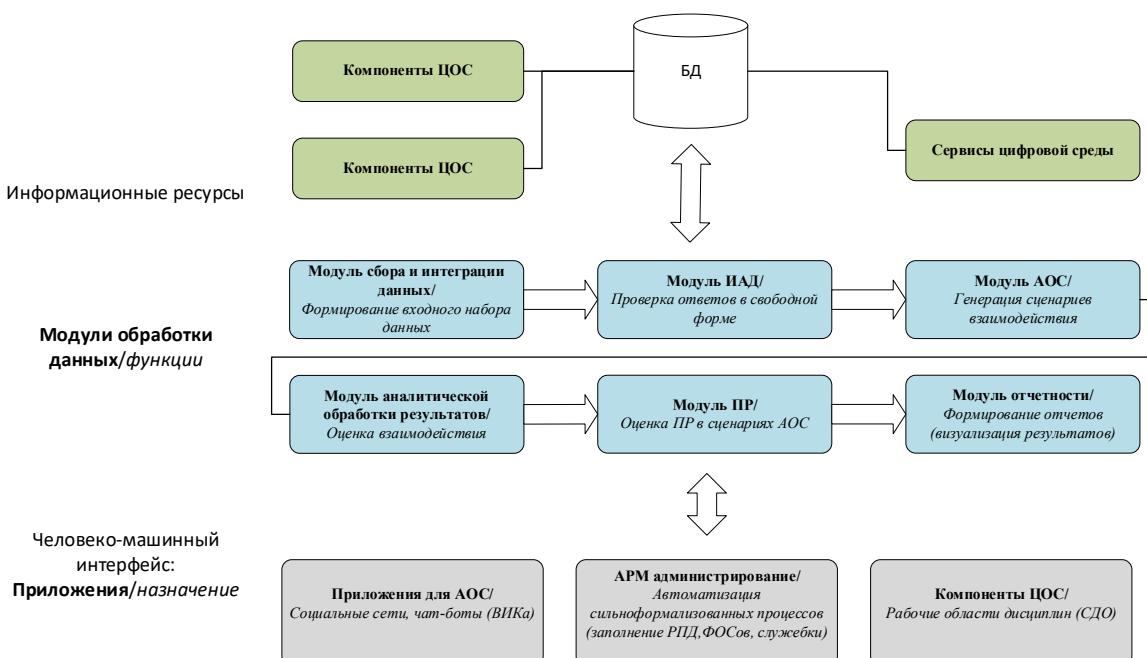


Рисунок 5.1 – Архитектура модулей и интерфейса в АИС ППР

Взаимодействие субъектов в АИС ППР представив в нотации Use Case (рисунок 5.2) [228].

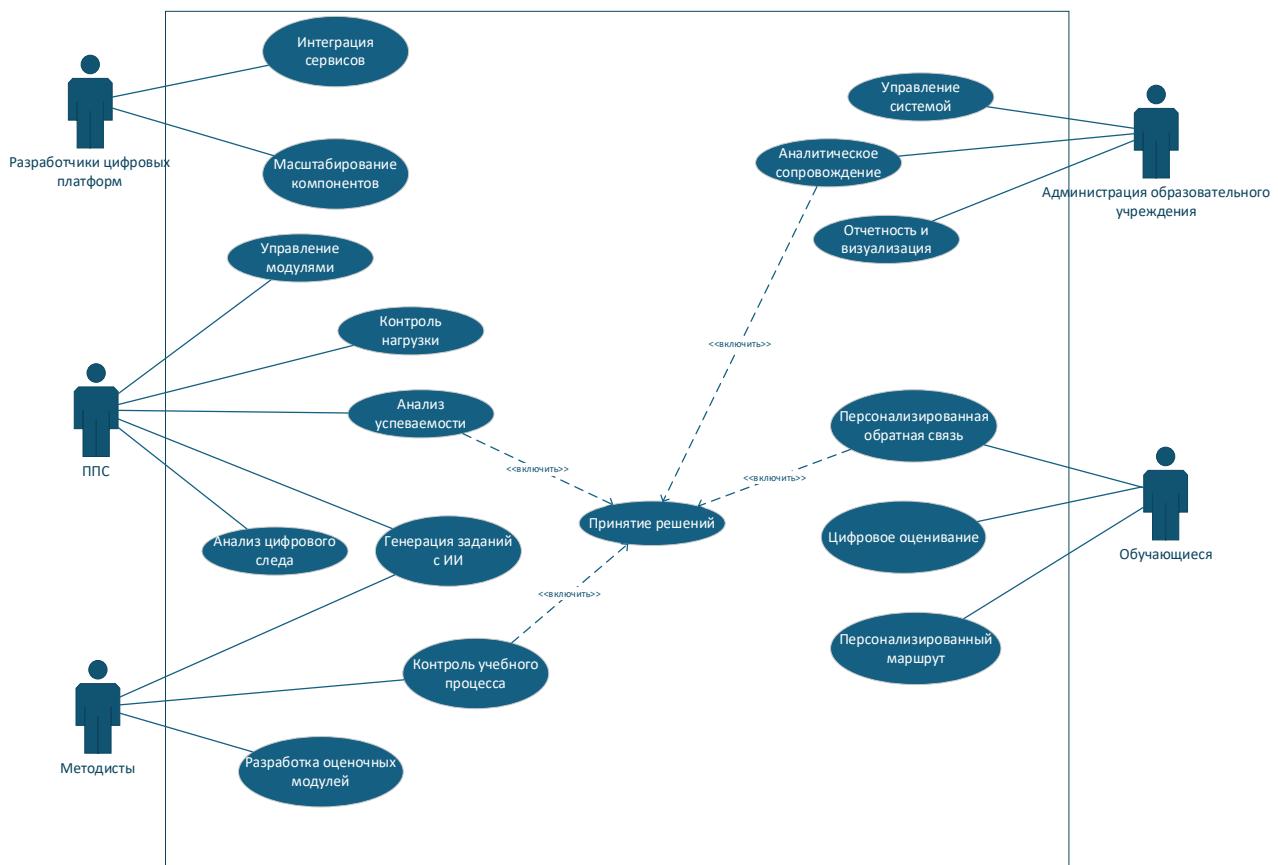


Рисунок 5.2 – Диаграмма вариантов использования АИС ППР

Опишем процесс адаптивного оценивания в АИС ППР с модулями принятия решения, АОС и оценивания (Рисунок 5.3).

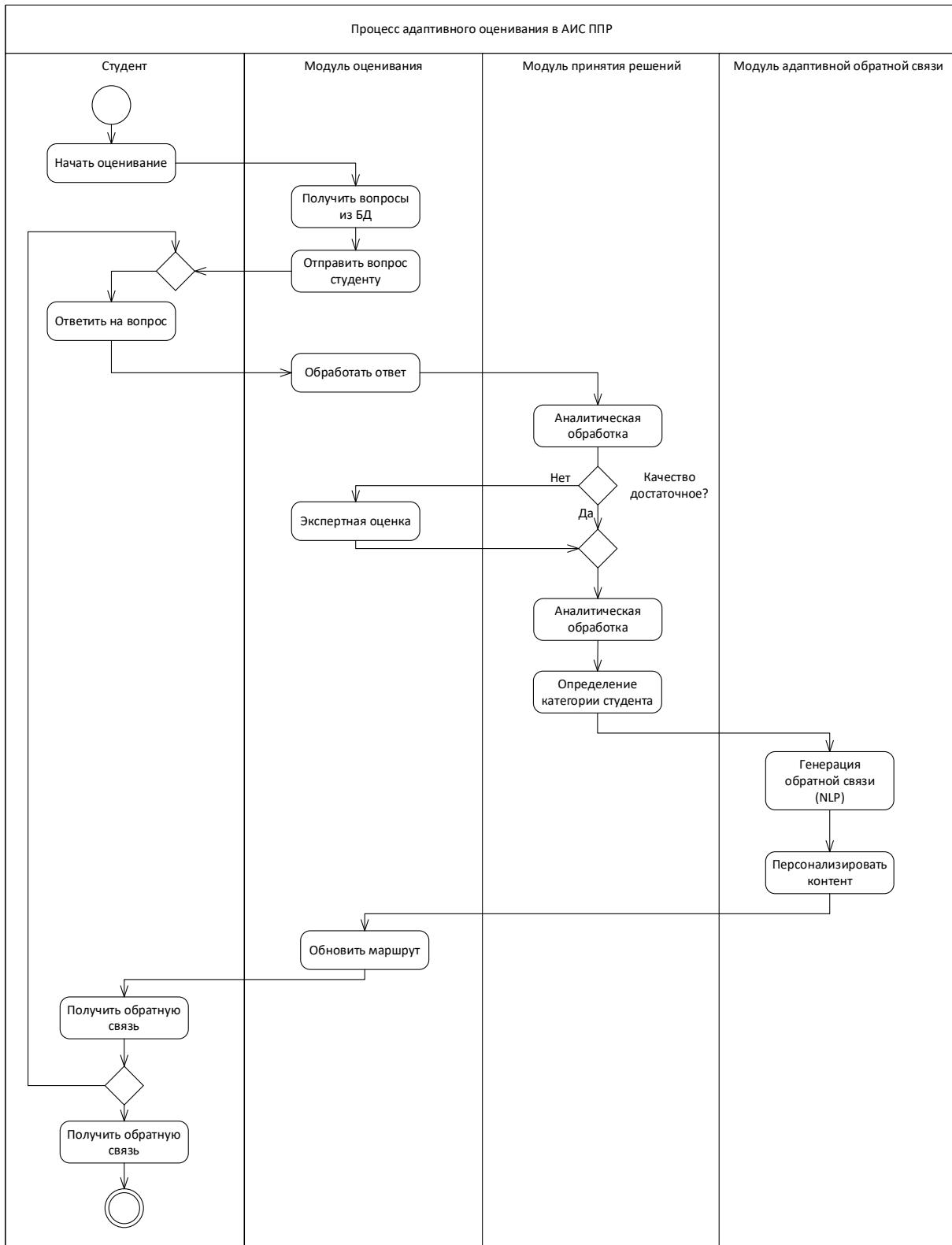


Рисунок 5.3 – Диаграмма последовательности адаптивного оценивания в АИС ППР

Структура классов с атрибутами и методами в проектируемой АИС ППР представлены на Рисунок 5.4.

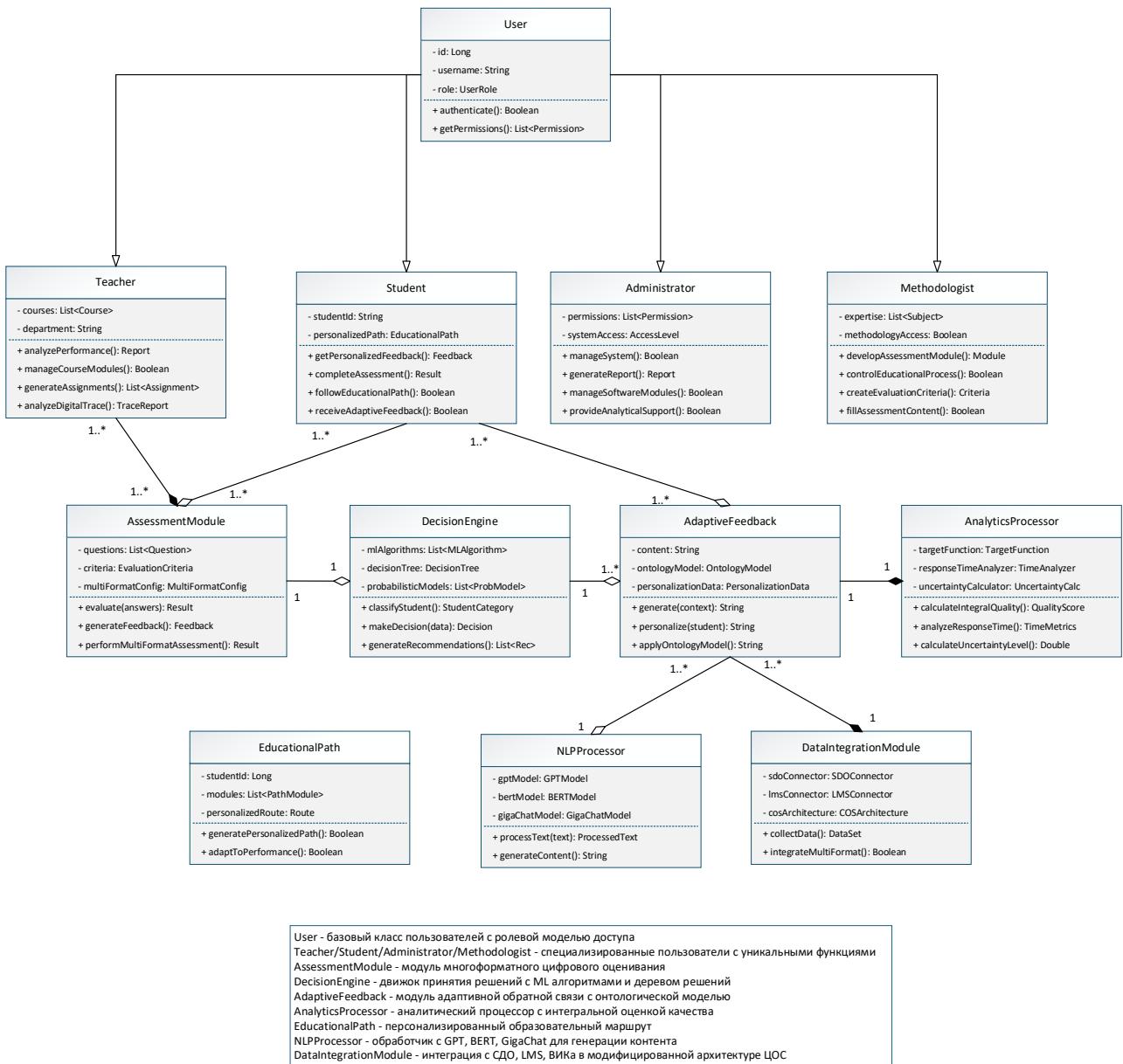


Рисунок 5.4 – Диаграмма классов АИС ППР

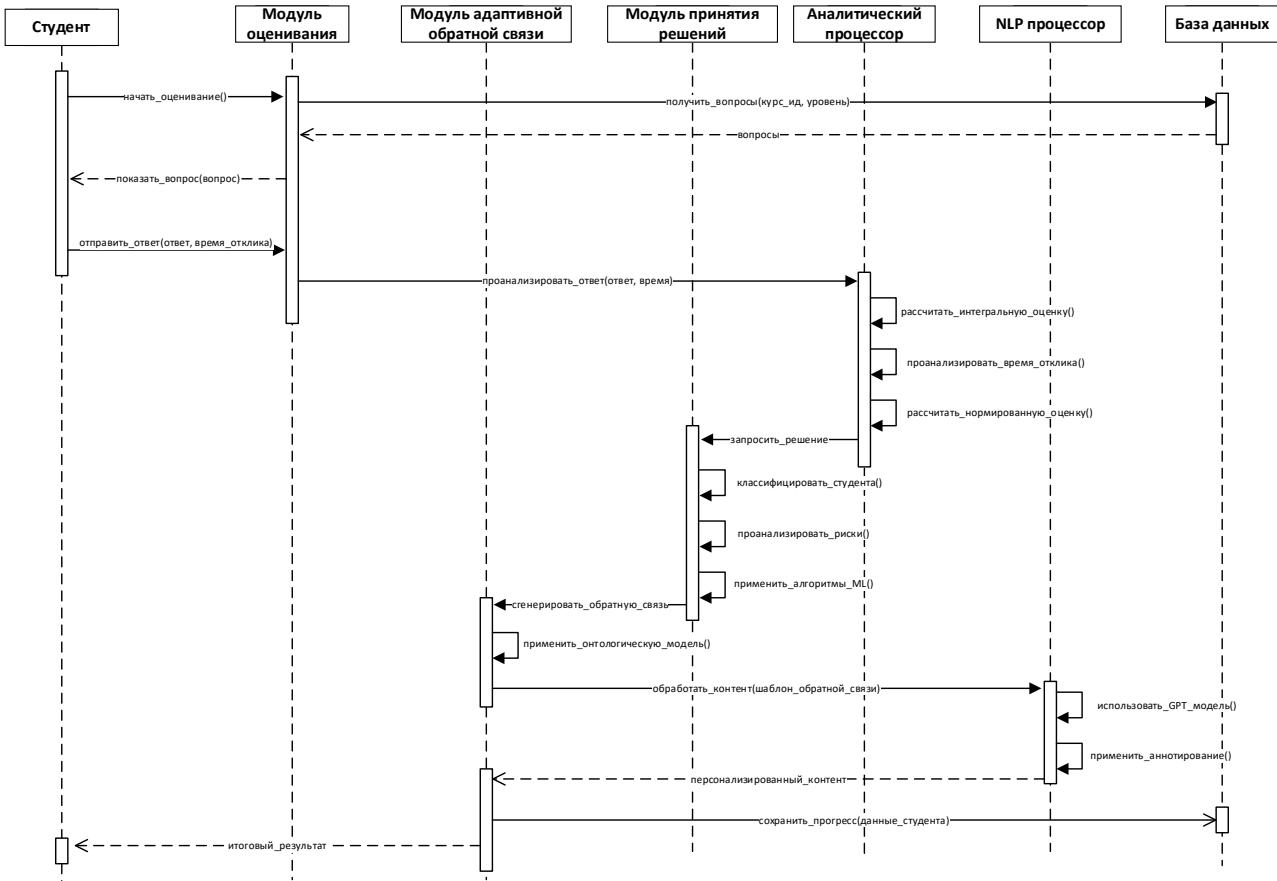


Рисунок 5.5 – Фрагмент взаимодействия субъекта с модулями

С учетом замкнутого цикла в ЦОС при реализации АОС, порядок взаимодействия модулей с идентификацией отношений в контексте организации хранения данных в файловом хранилище, цифровом следе и сохранении отчетов в модуле аналитики можно представить в виде схемы потоков данных (Рисунок 5.6).

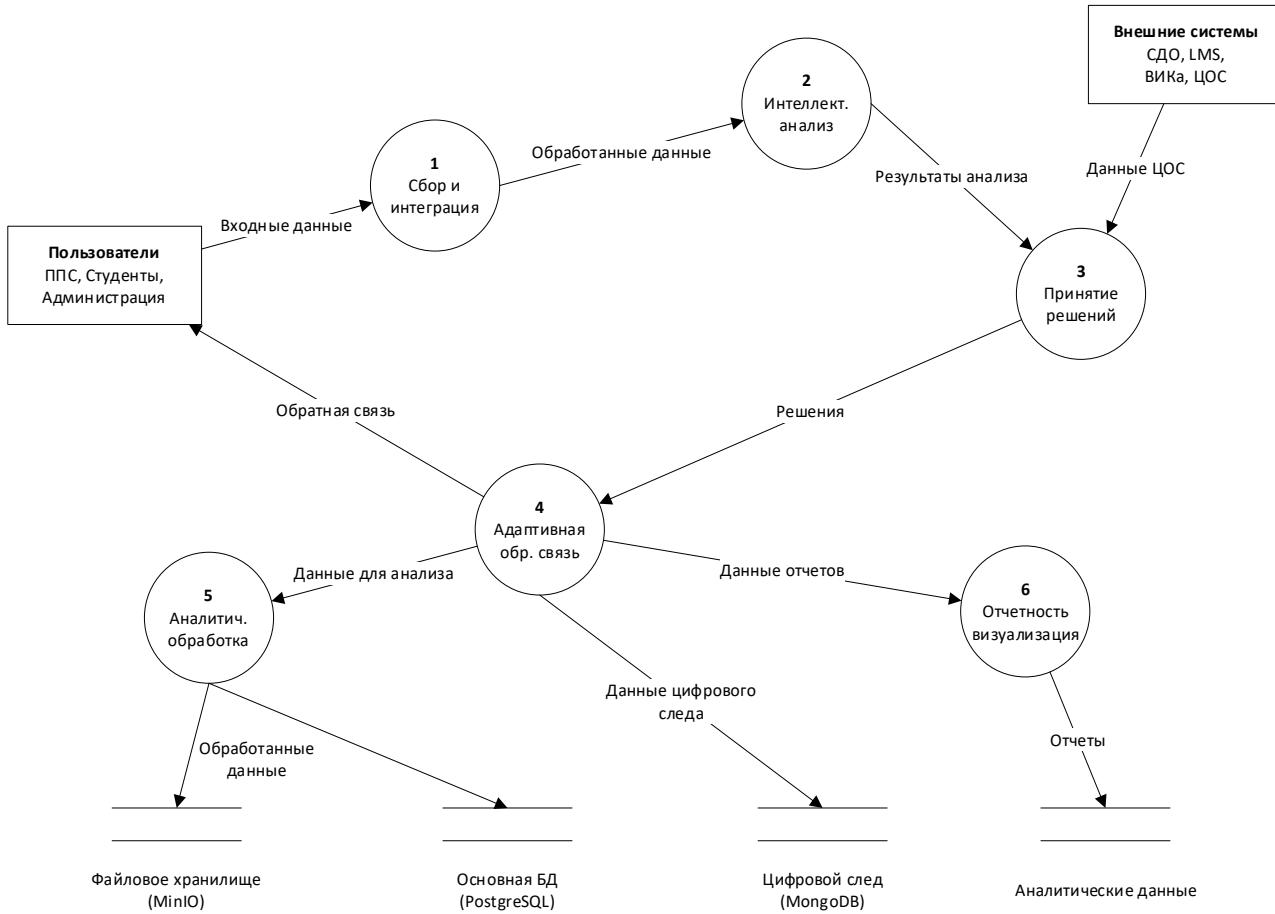


Рисунок 5.6 – Схема потоков данных модулей АИС ППР

Архитектуру АИС ППР с описанием взаимодействия сервера и устройств с техническими характеристиками, представим в виде диаграммы, отражающей размещение компонентов по вычислительным узлам (Рисунок 5.7). На уровне представления реализован основной функционал системы с ключевыми модулями для принятия решений и представлением отчетов. На уровне бизнес-логики, осуществляется сбор и интеграция данных для интеллектуального анализа и аналитической обработкой для последующего принятия решений при реализации АОС в ЦОС. К уровню представления относится модифицированная архитектура ЦОС с внешними коннекторами и коммуникацией (рисунок 5.8).

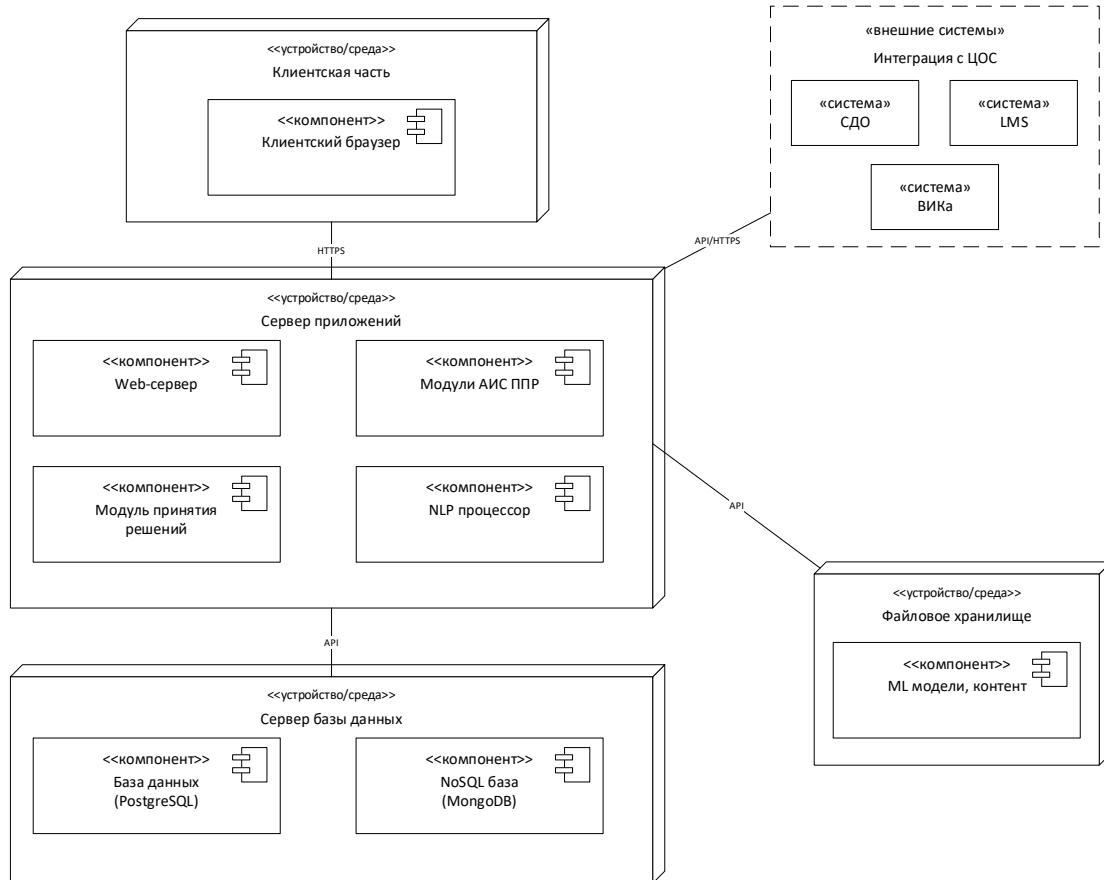


Рисунок 5.7 – Диаграмма компонентов АИС ППР

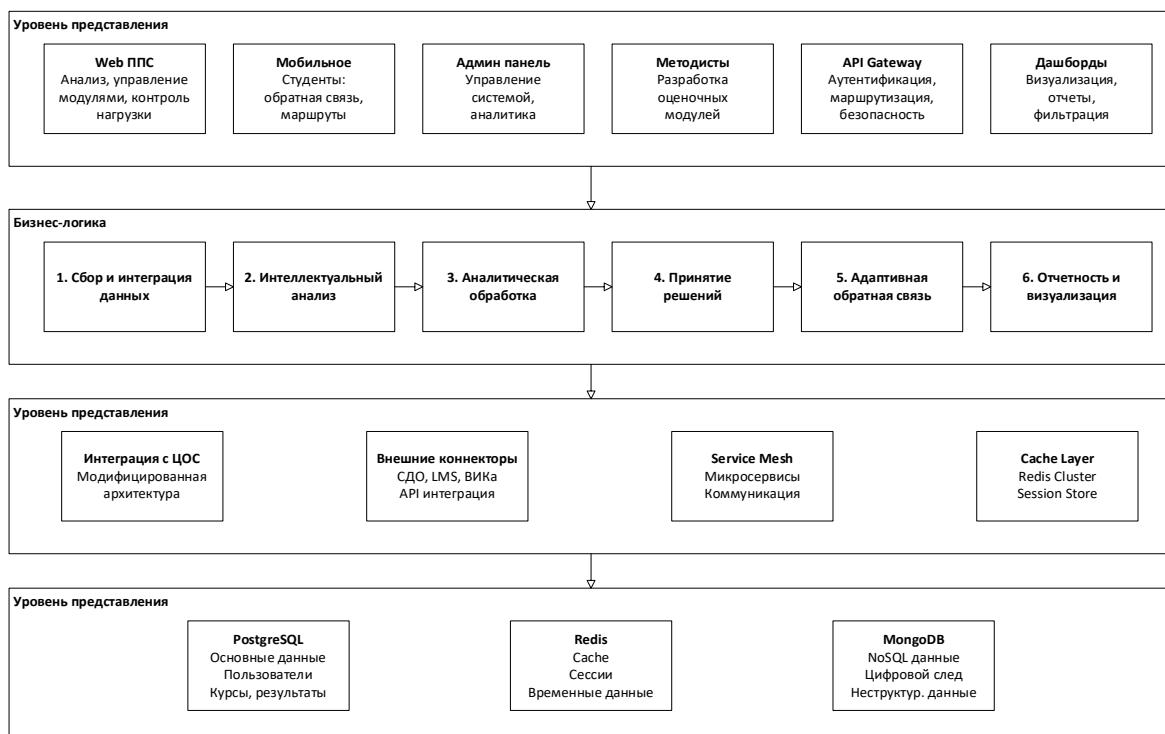


Рисунок 5.8 – Схема уровневого представления данных в модулях АИС ППР

На уровне представления реализован основной функционал системы с

ключевыми модулями для принятия решений и представлением отчетов. На уровне бизнес-логики, осуществляется сбор и интеграция данных для интеллектуального анализа и аналитической обработкой для последующего принятия решений при реализации АОС в ЦОС. К уровню представления относится модифицированная архитектура ЦОС в внешними коннекторами и коммуникацией.

Основным процессом АИС ППР является: образовательный процесс, процедурой выступает – АОС, средой – модифицированная архитектура ЦОС.

5.3 Описание этапов реализации информационной системы поддержки принятия решений

В рамках реализации АИС ППР особое значение приобретает аналитический модуль, предназначенный для интерпретации и анализа результатов АОС. Одной из ключевых задач модуля является оценка результативности, адаптивное взаимодействие, оперативность, ресурсоэкономичность образовательного взаимодействия, что позволяет обосновать эффективность применения сценариев АОС в ЦОС. К обобщенным метрикам относятся: индивидуальный балл результативности, время реагирования, степень сложности ответа, доля неопределенности в оценивании, интегральный коэффициент отклонения от эталона. Для оценки результатов адаптивности сценариев взаимодействия по ключевым показателям определены результативность, являющаяся агрегированным показателем (5.8), адаптивность с коррекцией сценария (персонализированного маршрута) (5.9) и итоговая интегральная оценка (5.10).

$$R_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\alpha s_{ij} + (1 - \alpha) f_{ij}), \quad (5.8)$$

где:

R_i – результативность i -го обучающегося;

s_{ij} – точность выполнения j -го учебного элемента;

f_{ij} – полнота выполнения j -го учебного элемента;

$\alpha \in [0,1]$ – весовой коэффициент.

Адаптивность, характеризующая способность к адаптации при цифровом оценивании и АОС (5.9):

$$A_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left| \frac{s_{ij}^{(t+1)} - s_{ij}^{(t)}}{s_{ij}^{(t)} + \varepsilon} \right|, \quad (5.9)$$

где:

A_i – адаптивность обучающегося;

$s_{ij}^{(t)}$ – точность до АОС;

$s_{ij}^{(t+1)}$ – точность после АОС.

Итоговая интегральная оценка (5.10):

$$Z_i = w_1 * R_i - w_2 * U_i + w_3 * A_i + w_4 * E_i - w_5 * \frac{T_i}{T_{max}}, \quad (5.10)$$

где:

Z_i – итоговая интегральная оценка;

U_i – неопределенность;

T_i – среднее время реагирования;

T_{max} – нормализующий максимум времени по выборке;

w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 – весовые коэффициенты по значимости.

К расчетным показателям также относятся (5.1) – (5.7). Обобщим результаты по представленному фрагменту (i – го субъекта) нескольких значений (таблица 5.5) [39,124,287].

Таблица 5.5 –Фрагмент результатов показателей аналитического модуля

№	R	U	A	T (сек.)	E	Z
1	0,897	0,131	0,570	67,5	-0,004	0,579
2	0,875	0,343	0,738	60,9	0,036	0,572
3	0,707	0,219	0,830	54,6	0,038	0,554
4	0,736	0,223	0,629	73,5	0,049	0,507
5	0,745	0,213	0,453	62,3	0,047	0,488

Экспертная оценка получена через нормирование оценки экспертов с учетом стандартного отклонения. Значения близкие к нулю показывают высокую степень совпадения экспертных мнений, то есть согласованность. Анализ результатов позволяет осуществлять персонализированную настройку образовательного маршрута при реализации сценария АОС. Далее рассмотрим фрагменты реализации сценариев (рисунки 5.9-5.12).

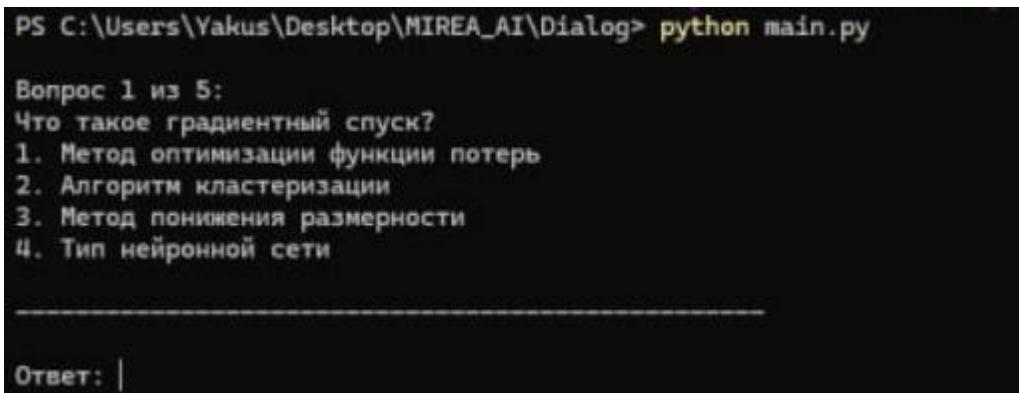


Рисунок 5.9 – Фрагмент взаимодействия в АОС (ч.1)

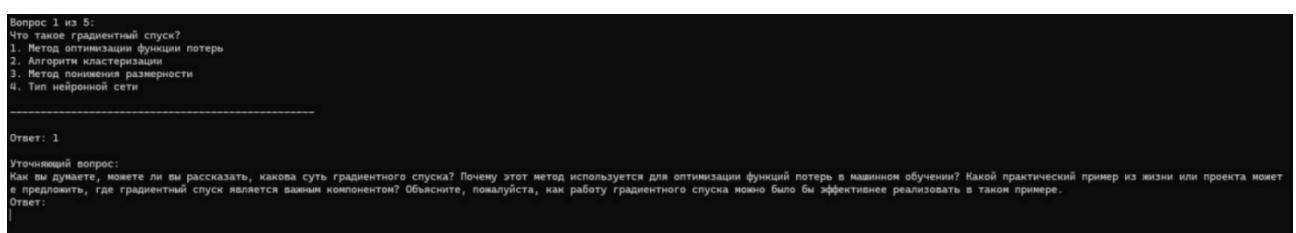


Рисунок 5.10 – Фрагмент взаимодействия в АОС с МЦО (ч.2)



Рисунок 5.11 – Фрагмент взаимодействия в АОС (ч.3)

Вопрос 5 из 5:

Что из нижеперечисленного не является этапом ETL-процесса в больших данных?

1. Extract (извлечение данных)
2. Transform (преобразование данных)
3. Load (загрузка данных)
4. Learn (обучение модели)

Ответ: 4

Уточняющий вопрос:

Как вы думаете, какая роль играет очистка данных в ETL-процессе?

Ответ: |

Рисунок 5.12 – Фрагмент взаимодействия в АОС (ч.4)

Фрагмент структуризации вопросов из БД представлен на рисунках 5.13-5.14.

```
[  
  {  
    "id": "q1",  
    "text": "Выберите верный вариант:\n1. Информация – это необработанные символы\n2. Данные – это обработанные сведения\n3. Информация – это интерпретированные данные\n4. Сведения – это синтаксическая структура данных",  
    "correct_answer": "Информация – это интерпретированные данные",  
    "correct_option": 3,  
    "keywords": [  
      "интерпретация данных",  
      "информационное представление",  
      "контекст",  
      "необработанные факты",  
      "организация элементов",  
      "связи между данными",  
      "структурированная информация"  
    ]  
  },  
  {  
    "id": "q2",  
    "text": "Что из перечисленного не относится к характеристикам больших данных?\n1. Объём\n2. Скорость\n3. Достоверность\n4. Точность вычислений",  
    "correct_answer": "Точность вычислений",  
    "correct_option": 4,  
    "keywords": [  
      "масштаб данных",  
      "обработка в реальном времени",  
      "ошибки измерений",  
      "поток данных",  
      "размер хранения",  
      "форматы данных"  
    ]  
  },  
]
```

Рисунок 5.13 – Фрагмент вопросов при ПР об изменении сценария из БД (ч.1)

```
{
  "id": "q12",
  "text": "Что из нижеперечисленного относится к методам понижения размерности?\n1. К-ближайших соседей\n2. Метод главных компонент (PCA)\n3. Логистическая регрессия\n4. Градиентный бустинг",
  "correct_answer": "Метод главных компонент (PCA)",
  "correct_option": 2,
  "keywords": [
    "PCA",
    "TSNE",
    "уменьшение признаков"
  ],
},
{
  "id": "q13",
  "text": "Что такое дисперсия в статистике?\n1. Среднее значение\n2. Измерение разброса данных\n3. Медиана\n4. Максимум",
  "correct_answer": "Измерение разброса данных",
  "correct_option": 2,
  "keywords": [
    "анализ данных",
    "вариативность",
    "измерение разброса",
    "статистические меры"
  ],
},
{
  "id": "q14",
  "text": "Что из перечисленного является примером распределения вероятностей?\n1. Нормальное распределение\n2. К-средних\n3. Метод опорных векторов\n4. Решающие деревья",
  "correct_answer": "Нормальное распределение",
  "correct_option": 1
}
```

Рисунок 5.14 – Фрагмент вопросов при ПР об изменении сценария из БД (ч.1)

Программа реализации вопросов и ключевых слов приведена в приложении Ж.

{

Рассмотрим реализацию функционала АИС ППР:

1. Диалог субъектов ЦОС с учетом анализа результатов по АОС (рисунок 5.15).

Диалог с методистом

[← К сообщениям руководства](#) [Выйти](#)

Методист: SmirnovaAA_Methodologist@mirea.ru

История сообщений

Сообщение методиста: 08.09.2025 12:58

Отправьте выгрузку использования количества АРС.

Ответы руководства:

Выгрузка графика “Количество запусков адаптивных сценариев” за последние 14 дней:
 - Алгоритмы и структуры данных: 1
 - Искусственный интеллект: 1 - Анализ данных и статистика: 0

08.09.2025 13:48

Ваш ответ методисту

Напишите ответ...

Рисунок 5.15 – Пример диалога с субъектом ЦОС

2. История взаимодействия субъектов ЦОС в АИС ППР по АОС на примере учебного процесса с уровнями сложности, количеством запусков сценариев и результатам ПР, взаимодействию между субъектами в графическом

описании можно представить следующим образом (рисунок 5.16).

История изменений — Алгоритмы и структуры данных

[← К результатам](#)

[На главную](#)

08.09.2025 13:47

БЫЛО ПРИНЯТО РЕШЕНИЕ — обновление:
изменено: title='Графы'→'Графы',
diff='Medium'→'Hard', n=2→2, active=True→True
Объект: test #12

08.09.2025 12:57

БЫЛО ПРИНЯТО РЕШЕНИЕ — обновление:
изменено: title='Графы'→'Графы',
diff='Medium'→'Medium', n=2→2,
active=True→True
Объект: test #12

Рисунок 5.16 – Графическое представление истории в АИС ППР с АОС

3. Реализация сценария. Фрагмент взаимодействия субъектов с уточняющими вопросами по модулю (разделу) в АИС ППР приведены на рисунке 5.17.

Уточняющий вопрос студенту

[← К результатам](#)

[Выход](#)

Студент: IvanovII_Student@mirea.ru

Дисциплина: Анализ данных и статистика

Тест: Основы вероятностей

Результат: 0/2 (0%)

Дата/время попытки: 29.08.2025 08:00

Сообщение студенту

При неизвестной дисперсии и объёме выборки около 18 какое распределение вы выберете для проверки гипотезы о среднем и построения 95% доверительного интервала? Что изменится при объёме около 200 и умеренном отклонении данных от нормальности? Обоснуйте выбор и предпосылки.



[Отправить](#)

[Отмена](#)

Рисунок 5.17 – Уточняющие вопросы в сценарии АИС ППР

Технические характеристики разработанной АИС ППР:

Язык: Python 3

Веб-фреймворк: Flask

ORM/БД: Flask-SQLAlchemy

Безопасность паролей: Werkzeug(хэширование паролей)

Сессии: Flask server-side sessions(cookie файлы)

Архитектура: Клиент-сервер

Фронтенд-графики: Chart.js

Необходимо отметить, что без применения АИС ППР внесение промежуточных результатов студентов носил фрагментарный характер и ППС самостоятельно формировал итоговую информацию по результатам процесса изучения дисциплины к промежуточной аттестации.

С применением методологии АОС в ЦОС реализованной в АИС ППР и модифицированной архитектуры ЦОС итоговые результаты формируются автоматически и ППС имеет доступ к полной информации по группам учебной нагрузки при проведении промежуточной аттестации.

В таблице 5.6 представлены результаты с разбиением на потоки с традиционной формой организации учебного процесса (контрольные группы) и с применением АИС ППР и реализацией АОС в ЦОС (экспериментальные группы), разбиение по группам осуществлялось пропорционально, т.е. в одинаковом количестве.

Таблица 5.6 – Итоговые результаты контрольных и экспериментальных групп

Дисциплина	показатели качества	контрольные группы (%)	экспериментальные группы (%)
БД (2253 студента в 24/25 уч.г.)	абсолютная	67	76
	качественная	48	58
	СОО	78	84
СИИБД (3186 студента в 24/25 уч.г.)	абсолютная	65	72
	качественная	41	55
	СОО	76	83

Для определения равномерности усвоения знаний и эффективности применения АИС ППР вычислим дисперсию и отклонение: $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, $\sigma = \sqrt{D}$: $D_k = 28,45$, $\sigma_k = 5,3$, $D_e = 4,4$, $\sigma_e = 2,1$. Полученная дисперсия контрольной группы оказалась значительно выше, чем в экспериментальной, что говорит о равномерном усвоении материала и эффективности применения АОС. Визуализация полученных результатов приведена на рисунке 5.18.

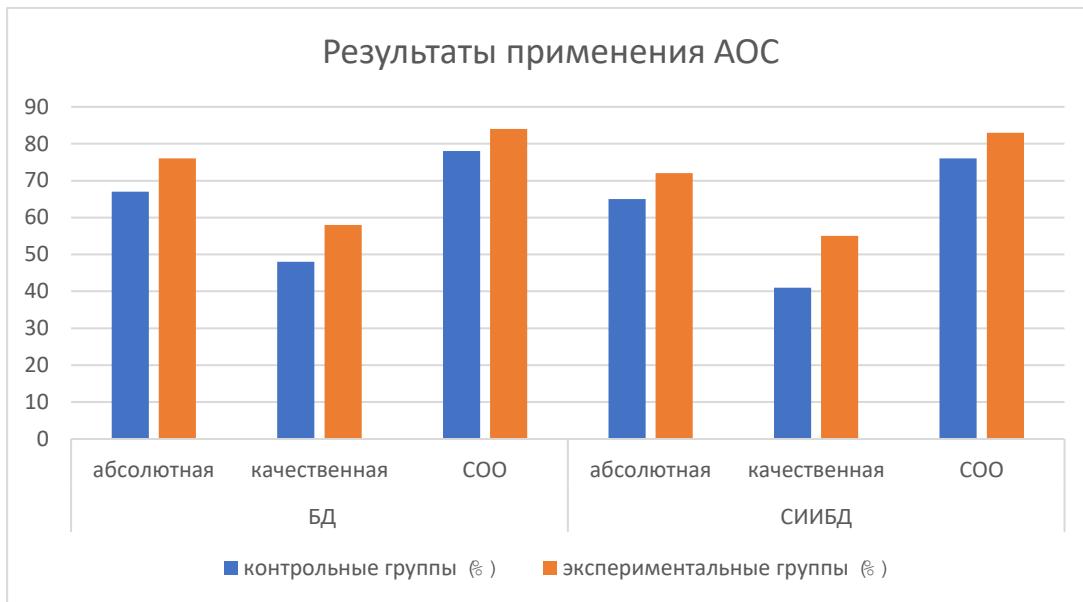


Рисунок 5.18 – Результаты применения АОС в ЦОС

На представленном графике отражающим результаты наблюдается рост по показателям качества усвоения знаний студентов на примере двух МД в среднем на 10-15% по трем показателям оценки: абсолютный, качественный и COO. Таким образом, можно сделать вывод о повышении качества учебного процесса в ЦОС с применением сценариев АОС.

Результаты автоматически выгружаемых данных по потокам из СДО с учетом АОС необходимых на итоговой форме аттестации приведены на рисунке 5.19. Время необходимое ППС на проведение итоговых мероприятий в разрезе одного дня представлено на рисунке 5.20.

ФИО	Практика 7	Доклад	проект	сумма баллов за практики	лекции	тесты на лекциях								Итоги
						Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5	Тест 6	Тест 7	Тест 8	
						Баллы								
Иванов Иван Иванович	8	5	5	58	27	0	4	5	5	0	3	5	5	85 Тест
Петров Петров Петрович	8	5	5	60	31	0	4	5	5	3	5	5	5	91 Автомат
Сидоров Сидор Сидорович	8	5	5	60	35	4	5	5	5	4	4	5	5	95 Автомат
Андрейков Андрей Андреевич	8	5	5	60	27	0	4	0	5	5	3	5	5	95 Автомат
Васильев Василий Васильевич	8	5	5	60	30	4	5	4	5	5	2	5	0	90 Автомат
Лебедев Лебедев Лебедев	8	5	5	60	29	5	5	5	5	4	0	0	0	89 Автомат
Семёнов Семёнов Семёнович	8	5	5	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59 Тест
Смирнов Смирнов Смирнов	8	5	5	60	33	5	5	5	5	5	4	4	0	93 Автомат
Константинов Константин Константинович	0	0	0	42	32	4	4	4	2	5	5	4	4	74 Недопуск, сдана раб.
Анна Анна Анна	8	5	5	60	29	5	5	5	5	4	1	0	4	89 Автомат
Андрей Андрей Андрей	8	4	5	59	31	0	4	5	5	4	4	5	4	90 Автомат
Сергей Сергеев Сергеев	8	5	5	60	31	5	5	4	4	5	4	0	4	91 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	32	5	4	5	4	4	4	5	0	92 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	20	0	4	0	0	4	3	5	4	88 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	27	0	5	3	5	0	4	5	5	87 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	15	0	0	0	0	4	2	5	4	75 Тест
Анна Анна Анна	8	5	5	60	37	4	5	5	5	5	5	5	3	97 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	37	4	4	5	5	4	5	5	5	97 Автомат
Анна Анна Анна	0	0	0	40	36	3	5	5	5	5	4	5	4	76 Недопуск, сдана раб.
Анна Анна Анна	8	5	5	58	16	0	0	0	0	4	3	5	4	72 Тест
Анна Анна Анна	8	5	5	60	33	1	5	5	5	4	3	5	5	93 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	0	51	22	0	0	5	0	5	3	5	4	73 Тест
Анна Анна Анна	8	5	5	60	36	4	4	5	5	4	5	5	4	96 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	32	0	5	4	5	4	4	5	5	92 Автомат
Анна Анна Анна	8	4	5	59	25	3	3	5	4	4	3	0	3	92 Автомат
Анна Анна Анна	8	5	5	60	30	5	4	5	5	5	2	0	4	90 Автомат

Рисунок 5.19 – Выгрузка итоговых результатов из СДО

До	После
<ul style="list-style-type: none"> • Понедельник: • 9.00 – 10.30 БББО-01-22 • (29 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • 12.40 – 14:10 БББО-02-22 (26 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • 16.20 – 17:50 БББО-03-22 (31 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • 18:00 – 19:30 БББО-04-22 (30 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • Вторник: 9.00 – 10.30 БББО-05-22 • (30 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • 10.40 – 12:10 БББО-06-22 (26 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • 14.20 – 17:50 БББО-07-22 (30 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 2-3 часа) • 18:00 – 19:30 БББО-04-22 • Среда: и так далее. 	<ul style="list-style-type: none"> • Понедельник: • 9.00 – 10.30 БББО-01-22 • (29 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 20-30 минут) • 12.40 – 14:10 БББО-02-22 (26 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 30-50 минут) • 16.20 – 17:50 БББО-03-22 (31 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 20-30 минут) • 18:00 – 19:30 БББО-04-22 (30 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 20-50 минут) • Вторник: 9.00 – 10.30 БББО-05-22 • (30 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 20-40 минут) • 10.40 – 12:10 БББО-06-22 (26 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 30-60 минут) • 14.20 – 17:50 БББО-07-22 (30 студентов в группе) (фактически затрачиваемое время 20-40 минут) • 18:00 – 19:30 БББО-04-22 • Среда: и так далее.

Рисунок 5.20 – Расписание зачетной недели субъекта: ППС

Представленный фрагмент результатов по затрачиваемому времени на зачетной неделе ППС показывает значительное снижение как в срезе одного дня, так и по приему группы и потоков, что подтверждает положительный эффект от применения АОС в ЦОС. С учетом проведенного опроса субъектов учебного процесса с описанием структуры вопросов по техническому блоку и результатами, представленными в приложении З была сформирована итоговая таблица с результатами, отражающими показатели эффективности, а точнее результативности применения АИС ППР относительно времени и принятия решений (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Результаты оценки эффективности применения АИС ППР в учебном процессе относительно затрачиваемого времени

Участник	Критерий	Описание	Значение критерия (до/после)

Продолжение таблицы 5.7

ППС	Подготовка учебно-методических материалов	Подготовка ФОСов, заданий по элементам учебной дисциплины	Среднее затрачиваемое время на один элемент курса (1 тема практического занятия или лекции): 5,5 ч./1ч.
	Проведение итоговой аттестации	Затрачиваемое время на проведение зачета (экзамена)	Среднее затрачиваемое время на 1 группу составляет: 2,5 ч./0,8ч.
Руководство	Доступ к информации по группе (студенту)	Время необходимое на поиск и доступ к интересующей информации	Затрачиваемое время на поиск по одному запросу: 2,5ч./0,25ч.
	Выгрузка отчетов с оценкой результатов обучения	Возможности фильтрации при формировании отчетов по различным критериям	Изначально отсутствовала такая возможность ввиду фрагментарной информации по потоковым дисциплинам
Студент	Доступ к материалам учебной дисциплины	Фрагментарный доступ к материалам учебной дисциплины	Фрагментарная реализация заполнения актуальными материалами по дисциплине
	Доступ к промежуточным и итоговым результатам	У каждого преподавателя локальный журнал, отсутствие доступа к информации по потоку	Отсутствовала полная и своевременная информация по промежуточным результатам оценивания

В представленном итоговом варианте метрики расчета осуществлялись по среднему времени за один семестр по потоковой дисциплине СИИБД с учетом данных по указанной дисциплине из СДО.

Таким образом, цифровые инструменты работают в едином контуре образовательной среды, реализуя непрерывный цикл оценки, анализа, обратной связи и коррекции:

1. ЕБТЗ предоставляет основу для вариативного и уровневого оценивания.

2. ТИИ интерпретируют результаты ответов студентов и индивидуальные траектории.

3. Обратная связь осуществляется через LMS, социальные сети и ВИКа.

Метод интеллектуального анализа информации в образовательной среде содержит несколько ключевых компонентов:

- разработку платформы для тестирования;
- интеграцию с системами управления обучением (LMS);
- бэкэнд для анализа ИИ;
- механизмы обратной связи и коммуникации.

5.4 Апробация результатов применения автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в образовательной среде

В условиях трансформации образовательной среды на основе цифровых технологий и реализации образовательного процесса в ЦОС, внедрением принципов персонализации с индивидуальными маршрутами, интеллектуального анализа информационных потоков возрастает необходимость и роль автоматизированных систем, поддерживающих процесс принятия решений. Таким образом, разработанная АИС ППР в исследовании направлена на повышение эффективности взаимодействия и обоснованности принимаемых решений участников образовательного процесса. Реализованные в третьей и четвертой главах метод интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС, онтологическая модель информационных потоков обратной связи являются интеллектуализированными решениями, являются частью АИС ППР, в свою очередь модифицированная архитектура ЦОС и проект АИС ППР технологическими решениями, позволяет реализовать методологию исследования.

В функционале АИС ППР реализовано:

- автоматизация сбора, обработки и интерпретации результатов цифрового оценивания;
- поддержка субъектов (ЛПР) в условиях многопоточности;
- повышение достоверности и интерпретируемости результатов образовательной диагностики;
- формирование персонализированных маршрутов на основе интеллектуальной обратной связи.

Реализацию методологии взаимосвязи участников и элементов АИС ППР визуально в виде контекстной диаграммы для ПР в ЦОС можно представить в следующем виде (рисунок 5.21).

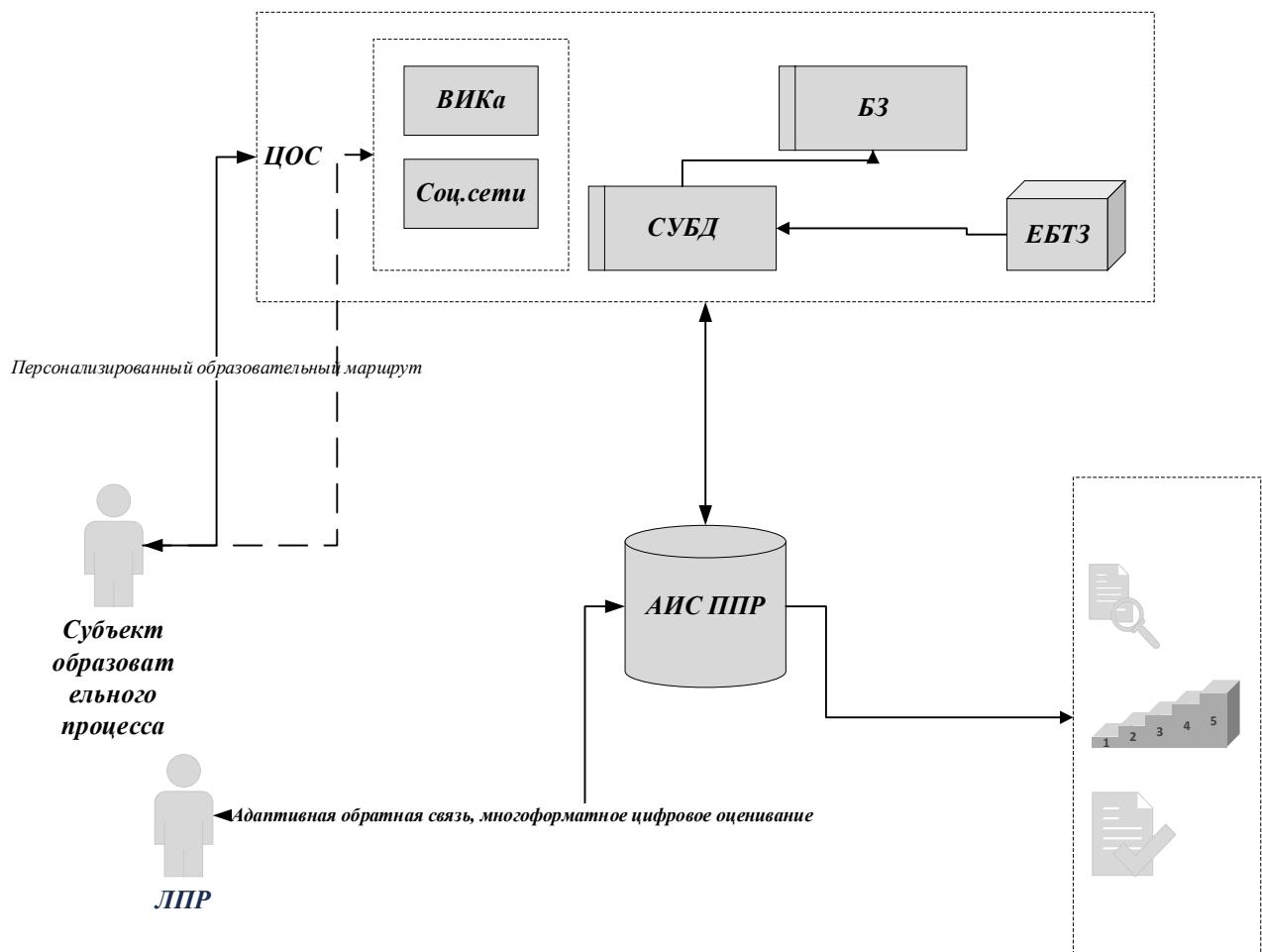


Рисунок 5.21 – Схема компонентов ЦОС в АИС ППР для ПР

К вспомогательному функционалу в АИС ППР относится разработанное ПО для автоматизации методических материалов, распределение ответственных

за подготовку материалов в ЦОС и подготовке базы данных для формирования ЕБТЗ при реализации сценариев АОС.

Для анализа результатов экспертной оценки в условиях многопоточности и цифровизации также разработано ПО по сбору и анализу оценки экспертов.

Результаты экспертной оценки представлены в разработанном ПО (приложение 3) реализующим возможность хранения данных в базе более 6000 опрашиваемых единомоментно в виде веб приложения. Структурно БД с сохранением результатов экспертной оценки приведена на рисунке 5.22 [144, 145, 150, 320].

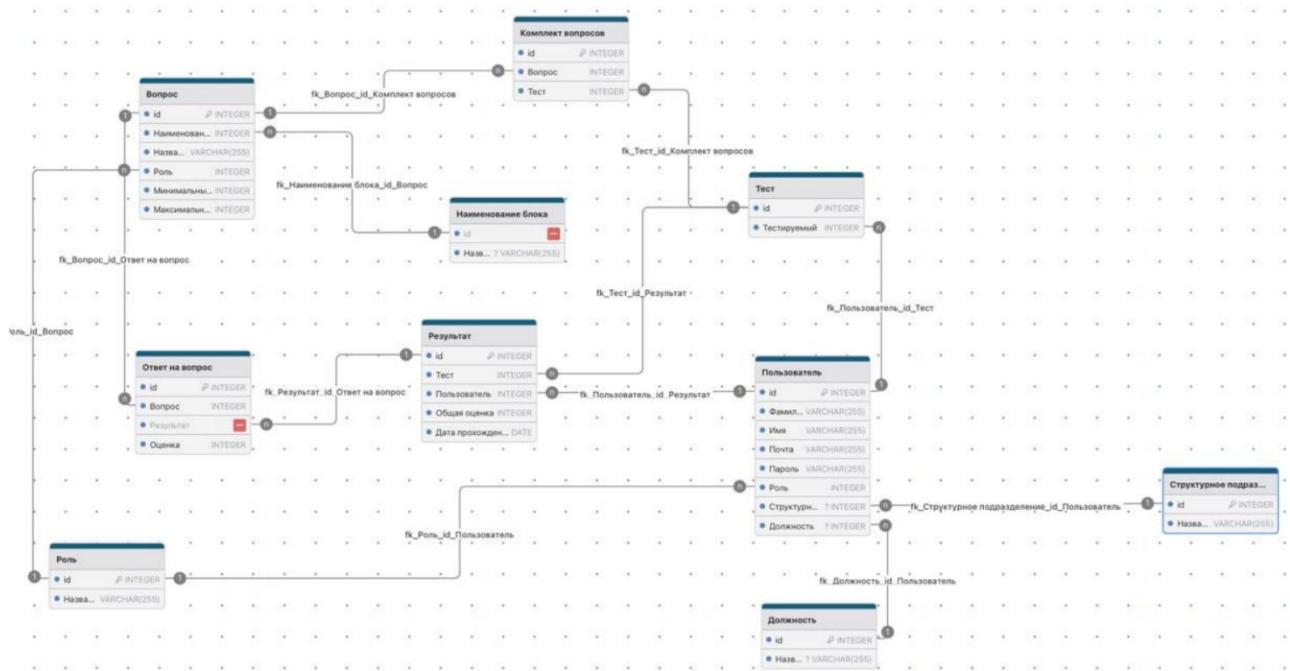


Рисунок 5.22 – Логическая модель БД результирующие данные экспертной оценки

По результатам ПР субъектами ЦОС по актуализации материалов, структуры документов при взаимодействии при АОС автоматизировано в АИС ППР:

- распределение учебной нагрузки в АИС ППР автоматически не вручную, с регистрацией модуля «Распределение учебной нагрузки педагогических работников кафедры с учетом их компетентности». № 2022661327: опубл. 17.05.2022 [228-232, 246];
- заполнение РПД. Программная реализация: «Цифровой робот для

автоматизации процессов на примере работы с рабочими программами дисциплин через веб-интерфейс» №2025610586: опубл. 13.01.2025. Начало работы программы в специализированной системе, предназначеннной для работы с РПД представлено на рисунке 5.23 [206-210].

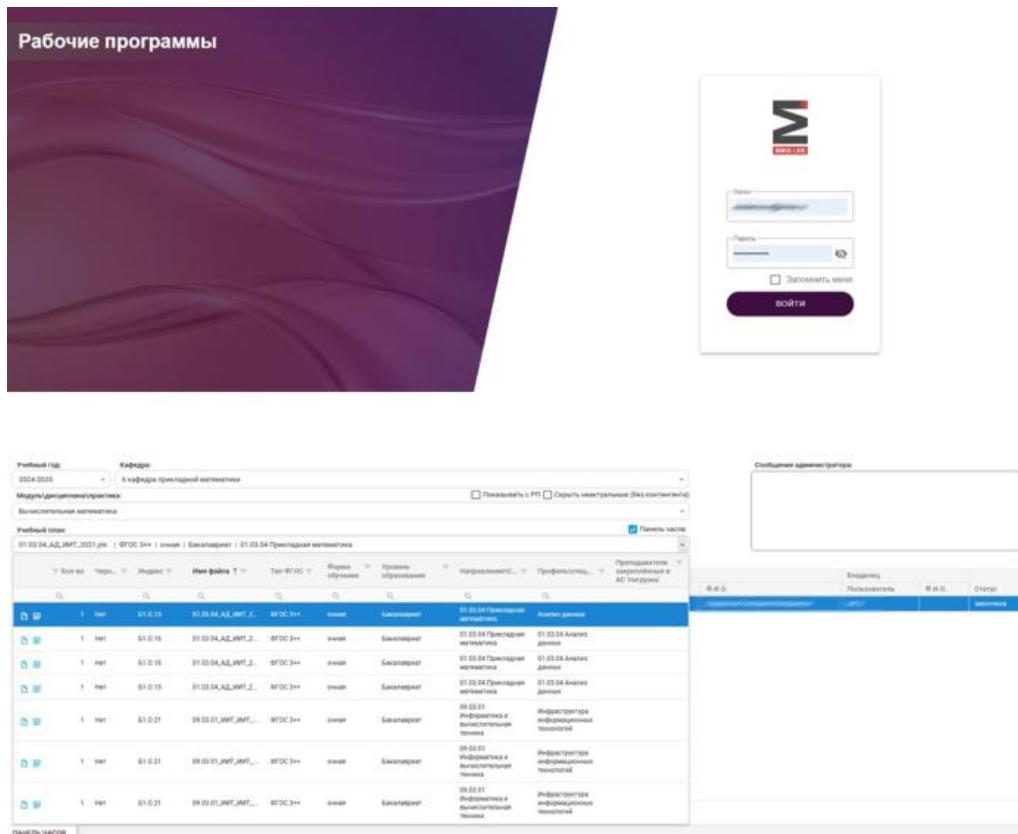


Рисунок 5.23 – Визуализация автоматизации процесса авторизации в системе и выбора РПД

Пример внесения изменений в файл, содержащий фонды оценочных средств (далее – ФОС), представлен на рисунках 5.24 и 5.25.

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Время, затраченное на вопрос, мин	Наименование дисциплины (практики), формирующей данную компетенцию
1	40	Сколько бит информации содержит слово из 5 символов кодировки ASCII?	<u>текстгдедолжнобытькомпетенция</u>	1	Большие Данные
2	16	Какой объем	<u>текстгдедолжнобытькомпетенция</u>	2	Большие Данные

Рисунок 5.24 – Пример шаблона загружаемого файла ФОС

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации; применять системный подход для решения поставленных задач					
Уметь – применять методы обработки данных					
1					
1					
1					
Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Время, затраченное на вопрос, мин	Наименование дисциплины (практики), формирующей данную компетенцию
1	1	Структура БД содержит 3 поля X Y Z. БД содержит 10 записей. Известно что поля в БД содержат 9 пропусков. Какое минимальное количество чистых данных (записей без	УК-1	3	Большие Данные

Рисунок 5.25 – Пример файла, загруженного после обработки роботом

В цифровом роботе являющимся частью АИС ППР реализован функционал по изменению файлов в соответствии с требуемым шаблоном, изменение и наполнение рабочих программ, изменение статуса, номера и даты протоколов, редактирование компетенций с проверкой вопросов на соответствие

типам и д.р.

Рассмотрим фрагмент взаимодействия участников образовательного процесса в ВИКа, являющегося элементом ЦОС для реализации сценариев АОС в АИС ППР (рисунок 5.26).

ВИКА 10:48
 Вам поступило задание от преподавателя:

Выберите верный вариант:
1. Информация – это необработанные символы
2. Данные – это обработанные сведения
3. Информация – это интерпретированные данные
4. Сведения – это синтаксическая структура данных

Ярослав Акатьев ✓ 10:48
 Вариант 3

ВИКА 10:49
 Комментарий преподавателя:
Приведите пример данных и поясните, как они могут быть преобразованы в информацию в контексте хранения журналов активности пользователей.

Ярослав Акатьев ✓ 10:50
 В качестве примера данных можно привести записи лог-файлов, хранящих сведения о времени входа пользователя, его IP-адресе, действиях на сайте и используемом устройстве. Эти данные в "сыром" виде представляют собой набор строк с временными метками и действиями, но они еще не несут осмыслинного значения.

ВИКА 10:50
 Комментарий преподавателя:
Хорошо, вы указали, что лог-файлы – это данные. А как из них можно получить информацию, например, о поведении пользователя? Уточните, какие инструменты анализа применяются."

Рисунок 5.26 – Фрагмент взаимодействия в ВИКа

Пример результатов сценария и классификации представлен на рисунке 5.27.

Сводная таблица

[← Назад](#)
 [CSV](#)
[Выйти](#)

Email студента	Дисциплина	Тема дисциплины	Уровень сложности	№ сценария	Точность(s)	Полнота(г)	Длительность сессии (мин)	Метка сценария
andrey.morozov	Искусственный интеллект	Сценарий #10: контрольное задание	Средний	5	0.78	0.74	15	высокая
natalia.fedorova	Машинное обучение	Сценарий #9: контрольное задание	Сложный	1	0.95	1.0	47	полная
dmitry.volkov	Анализ данных и статистика	Сценарий #8: контрольное задание	Лёгкий	3	0.08	0.36	21	низкая степени соответствия
elena.nikitina	Базы данных	Сценарий #7: контрольное задание	Лёгкий	2	0.4	0.6	31	низкая степени соответствия
sergey.kuznetsov	Алгоритмы и структуры данных	Сценарий #6: контрольное задание	Лёгкий	5	0.41	0.42	26	низкая степени соответствия
olga.kozlova	Инженерия данных	Сценарий #5: контрольное задание	Лёгкий	4	0.63	0.54	32	необходима проверка эксперта
ivan.sidorov	Искусственный интеллект	Сценарий #4: контрольное задание	Средний	7	0.67	0.93	29	необходима проверка эксперта

Рисунок 5.27 – Показатели оценки сценария в АОС

К основным показателям оценки АИС ППР относятся: академическое управление, результативность (адаптивность), маршрутизация образовательного процесса, диагностика рисков, прогнозирование результатов. Оценка результатов по направлениям приведена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Анализ результатов принятия решений в АИС ППР

Направление	Метрики	Анализ результатов
Академическое управление	Выполнение графика учебного процесса в ЦОС, степень достижение результатов с реализацией в АОС	86% участников завершили образовательные модули в установленные сроки по результатам выгрузки отчетов из модифицированной архитектуры ЦОС

Продолжение таблицы 5.8

Оценивание	Адаптивность, степень неопределенности с учетом экспертных отклонений, результативность	С учетом коррекции в образовательном процессе от ЛПР (по корректировке персонализированных образовательных траекторий, экспертной оценки, подтверждающей/корректирующей итоговое оценивание в СДО среднее значение адаптивности составило 0,72 при неопределенности 0,16 для 78% участников (из выгрузки СДО по участникам)
Маршрутизация образовательного процесса	Количество корректировок/изменений сценариев АОС, доля персонализированных траекторий	67% участников осуществляли запуск сценариев в АОС
Диагностика рисков	Индекс риска по участнику	У 13% субъектов ЦОС в АИС ППР выявила высокий риск академической неуспеваемости (на основе сводного отчета по всем элементам из СДО и результатов метода интеллектуальной обработки информации при реализации АОС)
Прогнозирование результатов	Прогноз успеваемости, вероятность завершения курса, ранжирование участников по промежуточным результатам	88% точность прогнозирования итоговой оценки курса

Выгрузка отчетов по группам, профилям и потокам осуществлялась из модифицированной архитектуры ЦОС в разработанное веб-приложение для анализа полученных результатов, представленных в последнем столбце из указанной таблицы с характеристиками, описанием и результатами.

При традиционной форме взаимодействия субъектов качественными результатами на примере учебного процесса по имеющимся данным итоговой аттестации за предыдущие периоды на срезе одного структурного подразделения (института) составило в среднем 58%, то с учетом внедрения методологии АОС

в ЦОС и совокупности показателей критерия результативности рост составил от 72% до 88%. Таким образом среднее значение увеличения результативности составляет 22%. Рассмотрим оценку показателей ресурсоэкономичности при реализации замкнутого цикла с онтологической моделью информационных потоков в замкнутом цикле: С (среднее процессорное время на один цикл обратной связи), R (средний объем оперативной памяти на один цикл), I (объем операций ввода/вывода), А (интегральный показатель ресурсоемкости) (5.11). Итоговые значения анализа показателя согласованность по совпадению сценариев, адаптациям и конфликтным решениям без онтологии и с ее применением с учетом оценки экспертов по результатам из АИС ППР и СДО представлены в таблице 5.9.

$$A = \alpha * \frac{C}{C_{max}} + \beta * \frac{R}{R_{max}} + \gamma * \frac{I}{I_{max}} \quad (5.11)$$

Таблица 5.9 – Оценка показателей ресурсоэкономичности и согласованности

Ресурсоэкономичность:	C	R	I	A
X ₁ (без онтологии)	41,8	70	3,9	1
X ₂ (с онтологией)	25,6	52	2	0,6
Итоговое значение	↓38,6	↓25,7	↓48,7	↑40
Согласованность:	Совпадение сценариев	Успешные адаптации	Конфликтные решения	
X ₁ (без АОС)	72,4	62,4	12,5	
X ₂ (с АОС)	92	86,5	1,2	
Итоговое значение	↑19,6	↑24,1	↓11,3	

Под повышением ресурсоэкономичности в указанном варианте из таблицы 5.9 понимается относительное снижение значения интегрального нормализованного показателя А к базовому варианту. Процентное значение показывает не абсолютный прирост эффективности, а степень изменения безразмерного интегрального индекса по отношению к базовому варианту. Результаты подтверждают повышение ресурсоэкономичности при реализации АОС в замкнутом цикле ЦОС в АИС ППР. Снижение процессорного времени и объема оперативной памяти отражается на масштабируемости и пропускной способности. Эффективность онтологической модели также подтверждается снижением интегрального показателя.

Обобщением предложенной в исследовании методологии организации АОС в ЦОС является сравнительный анализ результатов до и после применения (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Анализ результатов применения методологии АОС в ЦОС

Показатель	До применения методологии	После применения методологии
Время взаимодействия	Высокая степень задержки в обратной связи с жесткой привязкой к учебному расписанию или ожидание физической выдачи заданий (поручений) с периодом от 1 до нескольких учебных недель	Быстрая передача заданий (информации) по прямой и обратной связи в режиме реального времени
Качество принимаемых решений	Преобладает субъективная оценка результатов взаимодействия для основного процесса – учебного. Для повышения обоснованности привлечение экспертного мнения.	Повышение качества принимаемых решений в образовательном процессе за счет полноты в реализации сценариев в АОС, интерпретируемости и согласованности по результатам оценки сценариев с критериями цифрового взаимодействия, сравнения эталонных сценариев с фактическими.
Своевременность действий и отклик системы	Однонаправленное взаимодействие, задержка в обратной связи	Замкнутый цикл взаимодействия с корректировкой при оценке результатов принятых решений при обратной связи.
Индивидуализация взаимодействия	Для оценки результатов образовательного процесса применение статистических методов прогноза на основе усредненных показателей	Индивидуальное и адаптивное сопровождение в условиях многопоточности с ориентиром на каждого субъекта, а не на средние показатели.

Продолжение таблицы 5.10

<p>Затрачиваемое субъектами время при взаимодействии в образовательном процессе</p>	<p>В условиях массового (поточного) обучения наблюдается значительный рост в выполнении рутинных, повторяющихся действий, задач.</p>	<p>Значительное сокращение времени на организацию, сопровождение и реализацию индивидуального подхода во взаимодействии субъектов.</p>
---	--	--

Показатели совпадения сценариев и успешных адаптаций при взаимодействии субъектов в замкнутом цикле подтверждают повышение согласованности процессов в сценариях.

Представленные в обобщенном виде показатели для сравнения результатов применения методологии исследования подтверждаются значениями критериев эффективности оперативность, ресурсоэкономичность, результативность и качества обоснованность, точность и полнота по принимаемым решениям в ЦОС.

Выводы по главе 5

Полученные результаты подтверждают актуальность диссертационного исследования в связи с тем, что предложенная АИС ППР позволяет повысить качество и эффективность принятия решений в образовательной среде за счет технологизации и интеллектуализации обратной связи.

В пятой главе диссертации приведен пример реализации АИС ППР с описанием этапов ее применения. Показаны примеры формирования ЕБТЗ и работа с элементами СДО и встроенными компонентами для реализации АОС.

Выполнен анализ вариантов принятия решений в ЦОС, учитывающих любые варианты состояний, входов и функций переходов на основе концептуального представления предметной области в виде онтографа с учетом адаптивного автомата при реализации замкнутого цикла АОС в ЦОС. Результатом является обоснование показателя качества принимаемых решений - полнота.

АИС ППР обеспечивает реализацию ресурсоэкономичности и позволяет повысить согласованность принимаемых решений в условиях многопоточности и цифровизации за счет построения сценариев взаимодействия субъектов в ЦОС.

Приведено описание этапов проектирования АИС ППР в нотациях с концептуальным, логическим и физическим представлением структуры и модулей.

Приведено описание и функционал основных модулей АИС ППР с описанием принимаемых решений и анализом полученных результатов. Детализировано описание аналитического модуля и модуля принятия решений с комбинированной (гибридной) архитектурой, включающей архитектуры метода интеллектуального анализа и аннотирования информации АОС, рассмотрены элементы программной реализации по принимаемым решениям в АИС ППР субъектов ЦОС.

Приведены примеры апробации результатов с примерами регистрации программ и свидетельства, раскрывающих вспомогательные функции (задачи)

при организации и реализации учебного процесса с применением АИС ППР и подтверждающие практическую значимость исследования.

Показана взаимосвязь технологических и методологических инструментов, являющихся основой для разработанной АИС ППР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решена научная проблема, заключающаяся в отсутствии эффективных методологических подходов к разработке интеллектуальных систем адаптивной обратной связи в цифровых образовательных средах, способных учитывать многообразие мультимодальных данных и осуществлять семантическое моделирование контента для повышения качества образовательного процесса.

1. Разработана онтологическая модель информационных потоков в интересах принятия решений в цифровой образовательной среде. В отличие от существующих моделей информационных потоков в образовательной среде, онтологическая модель реализует адаптивную обратную связь в условиях многопоточности и цифровизации, что позволяет обеспечить ресурсоэкономичность при реализации обратной связи за счет структурированных потоков, неразрывных и целостных связей экземпляров классов в замкнутом цикле ЦОС и обеспечить полноту вариантов в принятии решений за счет того, что определены все возможные варианты переходов при любых состояниях и входных потоках. Проведенный эксперимент подтверждает, что применение онтологической модели в основе АИС ППР обеспечивает повышение ресурсоэкономичности на 40% («Программа анализа результатов применения онтологической модели информационных потоков в цифровой образовательной среде» свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687874 от 15.10.2025).

2. Разработанная методология организации эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде способствует повышению результативности принимаемых решений на 22% за счет соответствия информационно функциональных потребностей субъектов и информационно-функциональных возможностей обратной связи. Методология применяется при взаимодействии субъектов в цифровой образовательной среде в образовательном учреждении (акт о внедрении результатов представлен в приложении диссертации).

3. Созданная модифицированная архитектура цифровой образовательной среды с замкнутой системой информационного обмена, включающей введенные компоненты для адаптивной обратной связи, позволяет повысить оперативность взаимодействия субъектов цифровой образовательной среды, что подтверждается результатами внедрения в образовательную организацию («Программа анализа результатов взаимодействия субъектов в цифровой образовательной среде» свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687511 от 10.10.2025).

4. Разработанный метод интеллектуального анализа и аннотирования информации адаптивной обратной связи, позволяющий реализовать анализ мультимодальных данных и семантическое моделирование образовательного контента при генерации сценариев для поддержки принятия решений с комбинацией архитектур и технологий искусственного интеллекта, что обеспечивает повышение интерпретируемости и точности принимаемых решений в адаптивной обратной связи по совокупности показателей от 70 до 86% (акт о внедрении результатов представлен в приложении диссертации).

5. Разработанная автоматизированная информационная система поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде позволяет повысить согласованность по совокупности показателей рост составил от 12 до 25 % и ресурсоэкономичность при принятии решений в замкнутом цикле при адаптивной обратной связи в условиях многопоточности и цифровизации за счет гибридной архитектуры ТИИ и аналитического модуля для реализации сценариев взаимодействия субъектов ЦОС («автоматизированная информационная система поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде» свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025683264 от 2.09.2025), (акт о внедрении результатов представлен в приложении диссертации).

Проведенное исследование вносит значительный вклад в развитие теории и практики повышения качества и эффективности принимаемых решений с адаптивной обратной связью в цифровой образовательной среде.

Дальнейшие перспективы исследования связаны с дополнением

интеллектуальными инструментами методологии адаптивной обратной связи в контексте образовательной среды.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АОС – адаптивная обратная связь;

АИС ППР – автоматизированная информационная система поддержки принятия решений;

БД – база данных;

ЕБТЗ – единый банк тестовых заданий;

ИИ – искусственный интеллект;

ИФП – информационно-функциональные потребности;

ИФВ – информационно-функциональные возможности;

ПО – программное обеспечение;

ППР – поддержка принятия решений;

ППС – профессорско-преподавательский состав;

РПД – рабочая программа дисциплины;

СУБД – системы управления базами данных;

СДО – система дистанционного обучения;

ТИИ – технологии искусственного интеллекта;

УНСП – учебно-научное структурное подразделение;

УМУ – учебно-методическое управление;

ФОС – фонд оценочных средств;

ЦОС – цифровая образовательная среда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев, Ф.А. Интеграция цифровых образовательных ресурсов в образование: педагогические условия моделирования электронной службы / Ф.А. Абдуллаев. // Молодой ученый. – 2019. – № 5(243). – С. 152-154.
2. Адамова, Л.Е. О практической реализации миварного виртуального русскоязычного текстового консультанта в банковской сфере / Л.Е. Адамова, О.О. Варламов, В.Г. Осипов, Д.А. Чувиков // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2018. – № 6-2(86). – С. 10-17.
3. Аждер, Т.Б. Системы поддержки принятия решений и информационные системы / Т.Б. Аждер, О.А. Гуреева // Уральский научный вестник. – 2019. – Т. 6. – № 3. – С. 46-48.
4. Азарова, Е. Онтологии в управлении образовательным процессом / Азарова Е., Гавриленко В. // Современные проблемы науки и образования. 2018. №6.
5. Алисов, Е.А. Цифровые контуры высшего педагогического образования в ракурсе деятельностного подхода / Вестник МГПУ. Серия «Педагогика и психология» // – 2022. – № 16(4) – С. 48–66.
6. Алферьева-Термикос, В.Б. Структура электронной информационно-образовательной среды педагогического вуза // Педагогический журнал. – 2022. – Т.12. – № 6-1. – С. 458-466.
7. Амбросенко, Н.Д. Концепция формирования электронной информационной образовательной среды университета // Проблемы современной аграрной науки. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 195-198.
8. Аниськин, В.Н. Проектирование электронной информационно-образовательной среды педагогического вуза на основе информационно-деятельностного подхода // Jurnalul Umanitar Modern. – 2021. – Т. 4. – № 2(8). – С. 5-9.

9. Анохин, П.К. Принципы системной организации функций / П.К. Анохин – М., «Наука». –1973. – С. 5–53.
10. Арсеньев, Д.Г. Современные подходы к проектированию и реализации образовательных программ в вузе / Д.Г. Арсеньев, А.И. Сурыгин, Е.В. Шевченко // Федер. агентство по образованию, С.-Петербург. гос. политехн. ун-т. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета. – 2009. – 81 с.
11. Артамонова, Е.И. Реализация технологии встречных усилий во взаимодействии субъектов образовательного процесса вуза / Е.И. Артамонова // Педагогическое образование и наука. – 2019. – № 4. – С. 32-36.
12. Артемова, Г.И. Применение метода анализа иерархий для поддержки принятия решений диспетчерской службы морского порта / Г.И. Артемова // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 35-41.
13. Асташова, Н.А. Технологические ресурсы современного высшего образования / Н.А. Асташова, С.Л. Мельникова, А.П. Тонких, В.Л. Камынин // Образование и наука. – 2020. – Т. 22. – № 6. – С. 74–101.
14. Атанасян, С.Л. Моделирование информационной образовательной среды педагогического вуза. / С.Л. Атанасян // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». М.: РУДН. – 2008. – №2. – С. 17-22.
15. Атанасян, С.Л. Систематизация технологий, используемых в информатизации организационно-управленческой деятельности педагогического вуза. / С.Л. Атанасян // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования» М.: РУДН. – 2008. – № 3. – С. 32-39.
16. Аткинсон, Р.Ч. Введение в математическую теорию обучения / Р. Аткинсон, Г. Бауэр, Э. Кротерс; Пер. с англ. О.В. Редькиной и А.Л. Чернявского; под ред. и с предисл. д-ра психол. наук О.К. Тихомирова. — Москва: Мир. – 1969. – 486 с.

- 17.Баженова, И.В. Интеллектуальная модель оценки уровня расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления обучающихся / И.В. Баженова, М.М. Клунникова, Н.И. Пак // Информатика и образование. – 2022. – Т. 37 – № 4. – С. 71-79.
- 18.Балдин, К.В. Инвестиции. Системный анализ и управление / К.В. Балдин [и др.]. – М.: Дашков. – 2018. – 288 с.
- 19.Барабас, А.А. Целеполагание как инструмент принятия эффективных управленческих решений по результатам диагностических процедур / А.А. Барабас // Научно-методическое обеспечение оценки качества образования. – 2017. – № 1 (2). – С. 5-12.
- 20.Баранов, В.В. Методология и методы принятия решений в слабоструктурированных системах / В.В. Баранов // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011). – 2011. – С. 29-33.
- 21.Бахусова, Е.В. Методы поддержки принятия решений на основе нечеткой математики / Е.В. Бахусова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2013. – № 9. – С. 371-376.
- 22.Бедный, Б.И. О некоторых направлениях развития системы подготовки научных кадров в высшей школе / Б.И. Бедный, Е.В. Чупрунов // Высшее образование в России. – 2012. – № 11. – С. 3-15.
- 23.Белозёрова, Е.А. Анализ существующих методов и средств поддержки принятия решений / Е.А. Белозёрова, А.С. Боровский // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. – 2019. – С. 127-131.
- 24.Берталанфи, Л. Общая теория систем — критический обзор / Л. Берталанфи // Исследования по общей теории систем. – М., 1969. – С. 23–24.
- 25.Бескровный, Д.В. Интерактивные методы обучения как средство формирования ключевых компетенций / Д.В. Бескровный, В.А. Бескровная // Традиции, инновации, развитие. – 2012. – №. 8. – С. 6–15.
- 26.Блинникова, А.В. Использование искусственного интеллекта в процессах управления человеческими ресурсами / А.В. Блинникова, Д.К. Йинг // Вестник университета. – 2020. – № 7. – С. 14-21.

- 27.Бордовская, Н.В. Критерии оценки эффективности смешанных образовательных технологий, применяемых в вузе / Н.В. Бордовская, Е.А. Кошкина, Л.А. Мелкая, М.А. Тихомирова // Интеграция образования. – 2023. – Т. 27, № 1 (110). – С. 64-81.
- 28.Борисов, В.В. Метод и программные средства интеллектуальной поддержки принятия логистических решений / В.В. Борисов, А.В. Рязанов // Программные продукты и системы. – 2019. – № 4. – С. 673-681.
- 29.Бородин, А.И. Методы обработки текста при создании чат-ботов / А.И. Бородин, Р.Р. Вейнберг, О.В. Литвишко // Гуманитарные балканские исследования. – 2019. – Т. 3. – № 3(5). – С. 108-111.
- 30.Бочкарев, А.М. Оценка соответствия критериев эффективности и ключевых параметров подсистем управления информационным обеспечением промышленного предприятия / А.М. Бочкарев, В.И. Фрейман // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2022. – № 41. – С. 71-89.
- 31.Булдаев, А.А. Модель системы поддержки принятия решений в учебном процессе университета, основанной на аналитике обучения /А.А Булдаев, Л.В. Найханова, И.С. Евдокимова // Программные системы и вычислительные методы. – 2020. – № 4. – С. 42 – 52.
- 32.Буралхиева, У.С. Семантика в задачах автоматической обработки данных / У.С. Буралхиева // Молодой ученый. – 2015. – № 8 (88). – С. 130-132.
- 33.Бурукина, А.А. Методы и модели оценки эффективности проекта / А.А. Бурукина // Актуальные исследования. – 2020. – № 8 (11). – С. 107-110.
- 34.Варченко, Е.И. Управление качеством образования в образовательном учреждении / Е.И. Варченко. // Молодой ученый. – 2013. – № 3 (50). – С. 471-474.
- 35.Васильев, С.Н. Разработка методологии и инструментальных средств управления развитием крупномасштабных систем / С.Н. Васильев, А.Д. Цвиркун // Управление развитием крупномасштабных систем: материалы II Международной конференции, Москва 1-3 октября 2008 г. – М.:

Институт проблем управления им. Трапезникова РАН. – 2008. – Т. 1. – С. 11-16.

- 36.Везиров, Т.Г. Дисциплина «Технологии цифрового образования» в профессиональной подготовке бакалавров педагогического образования // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – №81-2.
- 37.Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель // М.: Высшая школа. – 2010. – 208 с.
- 38.Вентцель, Е.С. Прикладные задачи теории вероятностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. // М.: Радио и связь. – 1983. – 416 с.
- 39.Вилкас, Э.Й. Оптимальность в играх и решениях / Э.Й. Вилкас. //М.: Наука – 1990. – 253 с.
- 40.Витомская, Е.В. Формирование цифровой образовательной среды в общеобразовательной организации /Е.В. Витомская, Е.В. Федотова // Научно-методическое обеспечение оценки качества образования. – 2023. – №1 (17).
- 41.Воронин, Ю.А. Теория классификации и ее приложения / Ю.А. Воронин. // Новосибирск.: Наука. – 1985. – 231 с.
- 42.Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
- 43.Гаврилова, Т.А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Т.А. Гаврилова, К.Р. Червинская. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.
- 44.Гасс, С. Линейное программирование. / С. Гасс – М.: ФМ. – 1961. – 304 с.
- 45.Гегерь, Э.В. Совершенствование методов обработки данных в информационных системах поддержки принятия управленческих решений / Э.В. Гегерь, Л.И. Евельсон, С.И. Федоренко, И.Р. Козлова // Современные научноемкие технологии. – 2019. – № 12-2. – С. 276-281.
- 46.Гимади, Э.Х. Алгоритмы с оценкой для задач дискретной оптимизации / Э.Х. Гимади, Н.И. Глебов, В.Т. Дементьев // Проблемы кибернетики. – 1976. – № 31. – С. 35-45.

- 47.Глухов, В.В. Управление качеством образования в вузе // Россия в глобальном мире. 2014. – №5 (28). – С.157–174.
- 48.Голицына, О.Л. Базы данных / О.Л. Голицына, Н.В. Максимов, И.И. Попов. – М.: Форум. – 2015. – 400 с.
- 49.Горбатов, С.В Цифровой след как механизм индивидуализации образовательной траектории студента (на примере курса «Цифровые технологии самообразования») / С.В. Горбатов, Е.А. Краснова. / Перспективы науки и образования. – 2022. – № 4(58). – С.193–208.
- 50.Городнова, Н.В. Метод оценки качества информационных потоков при формировании big data в цифровой экономике / Н.В. Городнова // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 607-624.
- 51.Горшкова, О.О. Программно-целевая система управления качеством технического образования в процессе исследовательской подготовки студентов / О.О. Горшкова // Высшее образование сегодня. – М. – 2020. – №2. – С. 16–20.
- 52.Горяйнова, А.Р. Цифровое обновление российской школы / А.Р. Горяйнова, И.В. Дворецкая, Э. Кочак, Т.А. Мерцалова, К.Л. Савицкий. / М. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2022, 48 с.
- 53.Гринин, А.В. Разработка информационного обеспечения для системы поддержки принятия решений абитуриентом / А.В. Гринин // The World of Science Without Borders. – 2022. – С. 259-265.
- 54.Гриншкун, В.В. Информационные технологии как средство повышения качества российского образования / В.В. Гриншкун, М.Л. Левицкий, О.Ю. Заславская // Россия - Китай: образование и общественный прогресс: к 270-летию МГУ имени М. В. Ломоносова. – Москва-Пекин: ООО "МАКС Пресс". – 2025. – С. 102-114.
- 55.Гриншкун, В.В. О построения теоретико-методологических основ развития образовательных систем в условиях трансформационных процессов современного социума / В.В. Гриншкун, Н.Д. Подуфалов, А.И. Савенков // Педагогика. – 2025. – Т. 89. – № 7. – С. 5-27.

56. Губанов, Д.А. Влияние в социальных сетях: варианты формализации / Д.А. Губанов // Управление большими системами: сборник трудов. – 2020. – № 85. – С. 51-71.
57. Губанов, Д.А. Модели совместной динамики мнений и действий в онлайновых социальных сетях. Ч. 1. Исходные данные и первичный анализ / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков // Проблемы управления. – 2023. – № 2. – С. 37-53.
58. Губанов, Д.А. О влиянии алгоритмов онлайновой социальной сети на формирование мнений пользователей / Д.А. Губанов, А.Г. Чхартишвили // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023): Труды Шестнадцатой международной конференции, Москва, 26–28 сентября 2023 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. –2023. – С. 121-125.
59. Гурлев, И.В. Цифровизация экономики России и проблемы роботизации / И.В. Гурлев // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12 – № 4. – С. 36.
60. Гусев, А.В. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении / А.В. Гусев, С.Л. Добриднюк // Информационное общество. – 2017. – № 4-5. – С. 78-93.
61. Давлатзода, С.Х. Цифровизация университета как средство интеграции в мировое образовательное пространство / С.Х. Давлатзода // Education. Quality Assurance. – 2022. – № 3(28). – С. 27-30.
62. Данилова, О.Л. Формирование единого образовательного пространства в результате мировых интеграционных процессов // «Теория и практика современной науки». – 2016. – № 2(8). – С. 511-513.
63. Двоерядкина, Н.Н. Факторный анализ при исследовании структуры данных / Н.Н. Двоерядкина, Н.А. Чалкина // Вестник Амурского государственного университета. – 2011. – №. 53. – С. 11-15.
64. Дёмкин, В.М. Онтологические модели ситуаций в задачах компьютерного контроля знаний иностранного языка /Дёмкин В.М., Соснин А.В., Сусманова С.С. // «Онтология проектирования» научный журнал. – 2014. – № 3(13). – С. 63-76.

- 65.Деревянко, Б.А. Современные методы и средства проектирования имитационных систем и систем поддержки принятия решений / Б.А. Деревянко // Мягкие измерения и вычисления. – 2019. – № 1 (14). – С. 4-11.
- 66.Джон, Р. В чем ошибочность применения факторного анализа тестов, соответствующих теории ответов на тестовые задания (IRT)? / Р. Джон, Ф. Энди // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2020. – №. 4 (33). – С. 391-395.
- 67.Дмитрова, А.В. Владение цифровой грамотностью как ключевой показатель научной квалификации молодого ученого / А.В. Дмитрова // Мир науки. Педагогика и психология. – 2019. – № 4.
- 68.Дорофеюк, А.А. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа сложно организованных данных / А.А. Дорофеюк, Ю.А. Дорофеюк // Управление развитием крупномасштабных систем: монография. – М.: ООО Издательская фирма «Физико-математическая литература». – 2015.– С. 378-409.
- 69.Дорофеюк, Ю.А. Структурно-классификационные методы анализа и прогнозирования в социально-экономических системах управления // диссертация кандидата технических наук: 05.13.10 / Дорофеюк Юлия Александровна; [Место защиты: Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова РАН]. – Москва. – 2012. – 252 с.
- 70.Дубровский, С.А. Прикладной многомерный статистический анализ / С.А. Дубровский – М.: Финансы и статистика. – 1982. – 216 с.
- 71.Дьяченко, М.С. Исследование и разработка методов машинного обучения и архитектур нейронных сетей для применения в области проверки. / М.С. Дьяченко, А.Г. Леонов, М.А. Матюшин // Труды Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. – 2021. – № 11(3). – С. 48–53.
- 72.Дюран, Н. Кластерный анализ / Н. Дюран, П. Оделл. – М.: Статистика. – 1977. – 128 с.

73. Евстигнеев, В.А. Применение теории графов в программировании/ Под ред. А.П. Ершова – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. – 1985. – 352 с.
74. Евтушенко, Ю.Г. Программное обеспечение систем оптимизации / Ю.Г. Евтушенко, В.П. Мазурик. – М.: Знание. – 1989. – 48 с.
75. Егоров, Ю.Л. Исследование систем управления / Ю.Л. Егоров. – М.: ЗелО, 1997. – 208 с.
76. Елизаров, А.М. Цифровые платформы и цифровые научные библиотеки / А.М. Елизаров, Е.К. Липачев // International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – № 11. – С. 80-90.
77. Елисеева, И.И. Группировка, корреляция, распознавание образов / И.И. Елисеева, В.С. Рукавишников. – М.: Статистика, 1977. – 143 с.
78. Емеличев, В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. – М.: Наука, 1990. – 384 с.
79. Ерзикян, Б.А. Моделирование социальных факторов в сложных социально-экономических системах // Управление развитием крупномасштабных систем: материалы V Международной конференции, Москва, 3-5 октября 2011 г. – М.: Институт проблем управления им. Трапезникова РАН. – 2011. – С. 129-133.
80. Ермакова, Т.В. Метод анализа иерархий в задачах принятия решений / Т.В. Ермакова // Балтийский морской форум. – 2018. – С. 153-159.
81. Ефанов, Н.А. Сравнительный анализ существующих подходов к принятию управленческих решений в условиях неопределенности и систем поддержки принятия решений / Н.А. Ефанов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 129-137.
82. Живаева, А.А. Архитектура системы поддержки принятия решений при планировании процесса разработки программного обеспечения / А.А. Живаева, В.В. Долгов // Актуальные проблемы науки и техники. – 2018. – С. 73-75.
83. Жуковская, И.Е. Цифровые платформы – Важный аспект цифровизации высшего образования // Открытое образование. – 2022. – № 4.

84. Зенкина, С.В. Аналитический обзор современных информационных образовательных технологий / С.В. Зенкина, О.П. Панкратова // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – 2014. – №1.
85. Зинкевич, А.В. Структура электронной информационно-образовательной среды Тихоокеанского государственного университета / А.В. Зинкевич, М.В. Червякова // Перспективы науки. – 2021. – № 3 (138). – С. 121-123.
86. Зиятдинова, Ю.Н. Концептуальная модель интернационализации инженерного образования: специальность 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования»: автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Зиятдинова Юлия Надировна. – Казань. – 2016. – 22 с.
87. Зорина, Н.В. Обобщение опыта преподавания потоковых дисциплин / Н.В. Зорина, Л.Б. Зорин, Р.В. Файзуллин // Цифровая экономика. – 2022. – № 5(21). – С. 34-43.
88. Иваненко, В.И. Проблема неопределённости в задачах принятия решения / В.И. Иваненко, В.А. Лабковский. – Киев: Наукова Думка. – 1990. – 132 с.
89. Иванов, А.Д. Чат-бот в Telegram и Вконтакте как новый канал распространения новостей / А.Д. Иванов // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2016. – Т. 1. – № 3. – С. 126-132.
90. Иванов, Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы / Б.Н. Иванов. – М.: Лаборатория базовых знаний. – 2002. – 288 с.
91. Иванов, В.Г. Пути развития инженерного образования: позиция глобального сообщества / В.Г. Иванов, Ю.П. Похолков, А.А. Кайбияйнен, Ю.Н. Зиятдинова // Высшее образование в России. – 2015. – № 3. – С. 67-79.
92. Иванова, С.В. Образовательное пространство и образовательная среда: в поисках отличий / С.В. Иванова // Ценности и смыслы. – 2015. – № 6 (40).
93. Илюшечкин, В.М. Основы использования и проектирования баз данных: учебник / В.М. Илюшечкин. – М.: Юрайт. – 2015. – 214 с.
94. Кадеева, О.Е. Чат-боты и особенности их использования в образовании / О.Е. Кадеева, В.Н. Сырицына // Информатика в школе. – 2020. – № 10(163). – С. 45-53.

95. Казакова, Н.А. Концепция внутреннего контроля эффективности организации / Н.А. Казакова, Е.И. Ефремова. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М». – 2015. – 235 с.
96. Калиткин, Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М.: Наука. – 1978. – 512 с.
97. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан; Роберт Каллан; [Пер. с англ. и ред. А.Г. Сивака]. – М.[и др.]: Вильямс. – 2003. – 287 с.
98. Каракозов, С.Д., Сулейманов Р.С., Уваров А.Ю. Ориентиры развития цифровой образовательной среды МПГУ / С.Д. Каракозов, Р.С. Сулейманов, А.Ю. Уваров // Наука и школа. – 2014. – № 8.
99. Карпов, А.В. Структурно-функциональное строение профессиональной деятельности информационного характера / А.В. Карпов, С.Л. Леньков. – Тверь. – 2006. – 448 с.
100. Карпова, И.П. Базы данных / И.П. Карпова. – М.: Питер. – 2013. – 240 с.
101. Карр, Ч. Количественные методы принятия решений в управлении и экономике / Ч. Карр, Ч. Хоув. – М.: Мир. – 1966. – 464 с.
102. Касторнова, В.А Единое информационное образовательное пространство и его компоненты // Вестник Череповецкого государственного университета 2012. – № 3. – Т. 1. – С. 109-112.
103. Кендал, М. Многомерный статистический анализ и временные ряды / Под редакцией Колмогорова. – М.: Наука. – 1976. – 736 с.
104. Клыков, Ю.И. Банки данных для принятия решений / Ю.И. Клыков, И.Н. Горьков. – М: Сов. Радио. –1980. – 155 с.
105. Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Коберн. – М.: ЛОРИ. – 2002. – 263 с.
106. Козина, Н.Д. Роль специально спроектированной электронной информационной среды в подготовке бакалавров технологического образования / Н.Д. Козина. // Новые образовательные стратегии в

- современном информационном пространстве: сб. научных статей по материалам всероссийской научной конференции 1 – 16 апреля 2019 года. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена. – 2019. – С. 45-51.
107. Козина, Н.Д. Цифровая среда поддержки проектной деятельности студентов бакалавриата технологического образования / Н.Д. Козина, Д.С. Брондзя. – Текст: электронный // Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве: сб. научных статей по материалам всероссийской научной конференции 9 – 25 марта 2020 года. – С. 81-92.
108. Козлова, К.А. Экспертные методы принятия решений: основные методы экспертных оценок / К.А. Козлова, О.И. Герасимец // Вестник магистратуры. – 2018. – № 2-1 (77). – С. 25-26.
109. Комаров, И.Д. Модель априорной оценки эффективности инновационных проектов в условиях неопределенности на ранних стадиях проектирования / И.Д. Комаров, Ю.М. Даньков, В.В. Истомин // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2011. – №. 10. – С. 41.
110. Корчевская, Е.А. Интеллектуальный анализ данных: Методические рекомендации / Е.А. Корчевская. – Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова. – 2022. – 44 с.
111. Космачева, И.М. Модель оценки эффективности конфигурации системы защиты информации на базе генетических алгоритмов / И.М. Космачева, Н.В. Давидюк, И.В. Сибикина, И.Ю. Кучин // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8. – № 3 (30).
112. Кравчук, В.И. Использование методов принятия решений при проектировании систем автоматического управления / В.И. Кравчук // Вестник магистратуры. – 2016. – №. 12-4 (63). – С. 26-29.
113. Кравчук, П.Ф. Научно-образовательная среда в контексте инновационного развития: теоретико-методологические основания исследования / П.Ф. Кравчук, Е.И. Боев, О.С. Шуклина // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 2 (35). – С. 91-97.

114. Кристофицес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофицес – М.: Мир. – 1978. – 432 с.
115. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – Москва: Физматлит. –2001. – 198 с.
116. Кудж, С.А. Сравнительный анализ / С.А. Кудж, В.Я. Цветков. – Москва: МАКС Пресс. – 2020. – 144 с.
117. Кузнецов А.А. Системная метамодель многоагентного цифрового двойника предметно – ориентированной ИТ-платформы МП –ВУЗ // Вестник УГАТУ. – Уфа: УГАТУ. – 2023. – Т.27. – № 2 (100). – С. 131-138.
118. Кузнецов А.А., Сапожников А.Ю., Куликов Г.Г., Архитектура информационной подсистемы организации метамодели знаний в предметно –ориентированной проектной области (на примере образовательно-производственной среды). // Вестник УГАТУ. – 2022. – Т.26. – №4 (98). – С. 29-39.
119. Кузнецов, В.В. Перспективы развития чат-ботов / В.В. Кузнецов // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 8, № 12. – С. 16-19.
120. Кузнецов, О.П. Дискретная математика для инженера / О.П. Кузнецов, Г. М. Адельсон-Вельский. – М.: Энергоатомиздат. – 1988. – 480 с.
121. Кузнецов, С.Д. Базы данных. Модели и языки / С.Д. Кузнецов. – М.: Бином-Пресс. – 2013. – 720 с.
122. Кузнецов, С.Д. Основы баз данных / С.Д. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий. – 2007. – 488 с.
123. Кузьмин, А.М. Метод анализа иерархий – один из инструментов выработки и принятия решений / А.М. Кузьмин, Е.А. Высоковская // Методы менеджмента качества. – 2019. – № 7. – С. 55.
124. Куимова, Е.И. Многокритериальные задачи оптимизации / Е.И. Куимова, Д.А. Рябов // Вестник Костромского государственного университета. – 2019. – №. 3(25). – С. 214-216.

125. Куликов Г.Г. Подход к применению концепции цифровых двойников для трансформации корпоративной информационной системы под требования INDUSTRY 4.0 (на примере создания единого информационного пространства «ВУЗ-предприятие») / Г.Г. Куликов, А.Ю. Сапожников, А.А. Кузнецов, А.С. Маврина, Д.И. Загидуллин // Вестник УГАТУ. – 2019. – Т.23. – №4 (86). – С. 154-160.
126. Куликов Г.Г. Архитектура структуры цифрового двойника интегрированной ИТ-платформы для распределенного, многовариантного проектирования объектов машиностроения / Г.Г. Куликов, А.Ю. Сапожников, А.А. Кузнецов, А.С. Маврина // Вестник УГАТУ. – 2021. – Т. 25. – № 2 (92). – С. 86-92.
127. Куссуль, М.Э. СППР бизнес-аналитика / М.Э. Куссуль, А.С. Сычев, Е.Г. Садовая, А.О. Антоненко // Математические машины и системы. – 2010. – №. 3. – С. 96-103.
128. Кухаренко Е.Г. Цифровые инструменты повышения эффективности деятельности компаний инфокоммуникационной отрасли // Экономика и качество систем связи. – 2022. – № 3 (25). – С. 10-21
129. Кухаренко Е.Г., Гуляева Е.А. Инструменты цифровизации финансовой системы компаний / Е.Г. Кухаренко, Е.А. Гуляева // В книге: Мобильный бизнес: Перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом. Сборник материалов (тезисов) 49-й международной конференции. Москва. – 2022. – С. 78-83.
130. Кухаренко Е.Г., Соломина Ю.Н. Трансформация моделей ведения бизнеса в условиях цифровизации // Экономика и качество систем связи. – 2021. – №2 (20). – С. 3-12.
131. Лакатос, И. Методология исследовательских программ / И. Лакатос. – М.: ООО Издательство АСТ. – 2003. – 380 с.
132. Ларичев, О.И. Качественные методы принятия решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М.: Наука. – 1996. – 208 с.

133. Ларичев, О.И. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития / О.И. Ларичев, А.Б. Петровский // Итоги науки и техники. Техн. Кибернетика. – 1987. – № 21. – С. 131-165.
134. Левина Е.В. Адаптивное тестирование в ЦОС. Топические проблемы науки и образования. – 2021. – №3. – С. 45–52.
135. Лернер, И.М. Интеллектуальная экосистема науки и образования / И.М. Лернер, С.Г. Григорьев, А.Х. Мариносян // Информационные технологии, компьютерные системы и издательская продукция для библиотек: Сборник докладов Двадцать восьмой Международной конференции и выставки «LIBCOM-2024», Сузdalь, 17–22 ноября 2024 года. – Москва: Государственная публичная научно-техническая библиотека России. – 2025. – С. 112-117.
136. Логинов, Е.Л. Искусственный интеллект в органах госуправления / Е.Л. Логинов, А.А. Шкута // Государственная служба. – 2017. – Т. 19. – № 5(109). – С. 24-29.
137. Львович, Я.Е. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Я.Е. Львович // Радио и связь. – 1993. – 278 с.
138. Мавлютдинова, А.Р. Метод анализа иерархий для эффективного принятия решений / А.Р. Мавлютдинова // Студенческий вестник. – 2019. – № 20-3 (70). – С. 86-87.
139. Магомедов, Г.М. О системах поддержки принятия решений в информационных системах / Г.М. Магомедов, В.П. Александров // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – 2022. – С. 255-258.
140. Макарова, Л.В. Управление качеством непрерывного образования: Монография / Л.В. Макарова, А.А. Макаров, П.В. Чумак. Самара: Изд-во МИР. – 2022. – 220 с.
141. Маклаков, С.В. Bpwin и Erwin. CASE-средства разработки информационных систем / С.В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ. – 2000. – 256 с.

142. Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И.В. Максимей. – М.: Радио Связь. – 1988. – 232 с.
143. Максимов Н.В. Семантическое ядро цифровой платформы / Н.В. Максимов, О.Л. Голицына, М.Г. Ганченкова, Д.В. Санатов, А.В. Разумов // Онтология проектирования. – 2018. – №3 (29).
144. Малкина, М.В. Теория систем / М.В. Малкина. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – 45 с.
145. Малыгин, И.Г. Комплексная модель информационного обеспечения автоматизированного управления силами и средствами МЧС России / И.Г. Малыгин, В.Ф. Щетка, В.А. Онов и др. – Санкт-Петербург. – 2017. – 161 с.
146. Мандель, Н.Д. Кластерный анализ / Н.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика. – 1988. – 176 с.
147. Маньков В.А. Применение технологических инноваций для цифровизации бизнес-процессов компаний / В.А. Маньков, Е.Г. Кухаренко // В сборнике: Технологии информационного общества. Сборник трудов XVI Международной отраслевой научно-технической конференции. – 2022. – С. 195-197.
148. Марка, Д. Методология структурного анализа и проектирования / Д. Марка, Мак Гоэн К. – М.: Метатехнология. – 1993. – 240 с.
149. Маркин, А.В. Системы графовых баз данных. Neo4j: учебное пособие для вузов / А.В. Маркин. – Москва: Издательство Юрайт. – 2023. – 303 с.
150. Мартишин, С.А. Базы данных. Практическое примечание СУБД SQL и NoSQL. Учебное пособие / С.А. Мартишин, В.Л. Симонов, М.В. Храпченко. – М.: Форум, Инфра-М. – 2016. – 368 с.
151. Масленников В.В., Ляндау Ю.В., Калинина И.А. Формирование системы цифрового управления организацией. Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2019. – (6). – С. 116-123.

152. Матвеев, М.Г. Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике: учебное пособие / М.Г. Матвеев, А.С. Свиридов, Н.А. Алейникова. – Москва: Издательство «Финансы и статистика». – 2008. – 448 с.
153. Матвеева, Н.Ю. Технологии создания и применения чат-ботов / Н.Ю. Матвеева, А.В. Золотарюк // Научные записки молодых исследователей. – 2018. – № 1. – С. 28-30.
154. Маторин, С.И. Учет закономерностей при системно-объектном моделировании организационных знаний / С.И. Маторин, А.Г. Жихарев // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2018. – № 3. – С. 57-68.
155. Машевская, О.В. Методика оценки инновационной деятельности промышленного предприятия / О.В. Машевская // Вестник Самарского государственного университета. – 2015. – №. 8 (130). – С. 97-105.
156. Меденников, В.И. Цифровая платформа научно-образовательных ресурсов как составная часть цифровой экосистемы АПК // Управление рисками в АПК. 2021. Вып. 1 С. 93-100.
157. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, И. Такахара. // М.: Мир. – 1978. – 312 с.
158. Миркин, Б.Г. Введение в анализ данных: учебник и практикум / Б.Г. Миркин. – М.: Юрайт. – 2015. – 176 с.
159. Михненко, П.А. Динамическая модель управления изменениями проекта: актуальность технологий искусственного интеллекта / П. А. Михненко // Управленческие науки в современном мире: Сборник докладов X Международной научно-практической конференции, Москва, 29–30 ноября 2022 года / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. – Санкт-Петербург: Издательский дом "Реальная экономика". – 2023. – С. 109-113.
160. Молодцов, Д.А. Устойчивость принципов оптимальности : диссертация ... доктора физико-математических наук : 01.01.09 / МГУ им. М. В. Ломоносова. Фак. вычисл. математики и кибернетики. - Москва.: Наука, 1987. - 280 с.

161. Назаров, А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов; А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и Техника. – 2003. – 384 с.
162. Невес, А. Умная автоматизация в интересах кибербезопасности / А. Невес, В. Араухо // Форсайт. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 89-97.
163. Никулин, Л.Ф. Искусственный интеллект и трансформация менеджмента / Л.Ф. Никулин, В.В. Великороссов, С.А. Филин, А.Б. Ланчаков // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2020. – С. 600-612.
164. Никулина, Т.А. Информатизация и цифровизация образования: понятия, технологии, управление / Т.А. Никулина, Е.Б. Стариченко // Педагогическое образование в России. – 2018. – № 8. – С. 107-113.
165. Никулина, Ю.В. Математические модели и методы, используемые для принятия управленческих решений // Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике. – 2017. – С. 160-164.
166. Ничепорчук, В.В. Технология цифровизации управления безопасностью территорий / В.В. Ничепорчук, С.В. Кобыжакова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2025. – № 1(37). – С. 104-113.
167. Новиков, А.М. Методология научного исследования / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2015. – 272 с.
168. Новиков, Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.
169. Новиков, Д.А. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. – М.: ИУО РАО / Д.А. Новиков, А.Л. Суханов / 2005. – 80 с.
170. Новиков, Д.А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи). – Волгоград: ВолГМУ / Д.А. Новиков, В.В. Новочадов / 2005. – 84 с.

171. Новиков, Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах. – М.: ИПУ РАН, 1998.
172. Ногин, В.Д. Множество и принцип Парето: Учебное пособие / В.Д. Ногин // Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. – 2020. – С. 100.
173. Носкова Т.Н. Глава 4. Цифровая образовательная среда - интегратор внедрения интеллектуальных технологий в образование / Т.Н. Носкова, Т.Б. Павлова, С.С. Куликова, О.В. Яковлева // Интеллектуальные технологии в цифровой среде университета. – Санкт-Петербург: Центр научно-информационных технологий "Астерион". – 2020. – С. 237-255.
174. Оболенский, Д.М. Концептуальная модель интеллектуальной образовательной экосистемы / Д.М. Оболенский, В.И. Шевченко // Экономика. Информатика. – 2020. – №. 2. – С. 390-401.
175. Оре, О. Теория графов / О. Оре. – М.: Наука – Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 336 с.
176. Оркин, В.В. Модель системы ситуационного управления в автоматизированной системе поддержки принятия решений / В.В. Оркин, О.Е. Нестеренко, С.А. Платонов // Вопросы оборонной техники. – 2021. – № 1-2 (151-152). – С. 40-45.
177. Орлов, А.И. Устойчивые математические методы и модели процессов управления развитием крупномасштабных систем / А.И. Орлов // Управление развитием крупномасштабных систем: материалы III Международной конференции, Москва, 5-7 октября 2009 г. – М.: Институт проблем управления им. Трапезникова РАН. – 2009. – Т.1. – С. 339-341.
178. Осадчук, П.О. Чат-боты для автоматизации внутренних коммуникаций / П.О. Осадчук // Молодой ученый. – 2018. – № 27(213). – С. 12-16.
179. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; Пер. с пол. И. Д. Рудинского. – Москва: Финансы и статистика. – 2004. – 343 с.

180. Панюкова, Ю.Г. Преподаватель и студент в условиях цифрового образования: экопсихологический подход / Ю.Г. Панюкова, Е.Н. Панина, А.И. Панюков // Новая психология профессионального труда педагога: от нестабильной реальности к устойчивому развитию. – 2021. – №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prepodavatel-i-student-v-usloviyah-tsifrovogo-obrazovaniya-ekopsihologicheskiy-podhod> (дата обращения: 03.02.2025).
181. Параксевов, А.В. Перспективы и особенности разработки чат-ботов / А.В. Параксевов, А.А. Каденцева, С.И. Мороз // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 130. – С. 395-404.
182. Прохоров, Ю.К. Управленческие решения: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – / Ю.К. Прохоров, В.В. Фролов / СПб: СпбГУ ИТМО. – 2011. – 138 с.
183. Пугачев, В.С. Теория вероятностей и математическая статистика / В.С.Пугачев. – М: Физматлит. – 2002. – 496 с.
184. Пустыльник, Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е.И. Пустыльник. – М.: Наука. – 1968. – 288 с.
185. Пшеничный, Б.Н. Численные методы в экстремальных задачах / Б.Н. Пшеничный, Ю.М. Данилин. – М.: Наука. – 1975. – 290 с.
186. Пытьев, Ю.П. Математические методы анализа эксперимента / Ю.П. Пытьев. – М.: Высшая Школа. – 1989. – 351 с.
187. Пытьев, Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем / Ю.П. Пытьев. – М.: Физматлит. – 2002. – 17 с.
188. Пьянков, О.В. Моделирование процессов проектирования и принятия решений в системе централизованной охраны на основе теории конфликтов: автореферат диссертации ... кандидата технических наук: 05.13.18 / Пьянков Олег Викторович – Воронеж, – 2004. – 16 с.
189. Рабинович Б.И. Обзор информационных систем анализа текстов на естественном языке // Известия высших учебных заведений Проблемы полиграфии и издательского дела №2 – М МГУП. – 2008 – С 83-88.

190. Райская, И.И. Об одном способе проверки обоснованности разбиения в кластерном анализе / И.И. Райская, Н.И. Гостилин, А.А. Френкель // Применение многомерного статистического анализа в экономике и оценке качества продукции. – 1977. – 169 с.
191. Растрогин, Л.А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л.А. Растрогин. – Рига: Зинатне. – 1988. – 160 с.
192. Растрогин, Л.А. Современные принципы управления сложными объектами / Л.А. Растрогин – М.: Сов. Радио. – 1980. – 232 с.
193. Роберт И.В. Цифровая образовательная среда: современное состояние и перспективы развития // Информатика и образование. – 2016. – № 1. – С. 5-11.
194. Рыков, А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации / А.С. Рыков // Издательский Дом МИСиС. – 2009. – 608 с.
195. Савельев, А.Я. Подготовка информации для автоматизированных обучающих систем / А.Я Савельев. – М.: Высшая школа. – 1986. – 176 с.
196. Савенков, А.И. Цифровизация образования как катализатор изменений профессии педагога / А.И. Савенков // Известия института педагогики и психологии образования. – 2023. – № 2. – С. 4-11.
197. Савченков, И.И. Особенности создания и использования СППР для предприятий / И.И. Савченков // Наука. Образование. Инновации: современное состояние актуальных проблем. – 2023. – С. 22-28.
198. Садовая, Е. С. Цифровая экономика и новая парадигма рынка труда / Е.С. Садовая // Мировая экономика и международные отношения. – 2018. – Т. 62. – № 12. – С. 35-45.
199. Садовин, Н.С. О методах принятия решений в условиях частичной неопределенности / Н.С. Садовин, Т.Н. Кокоткина // Актуальные проблемы экономики современной России. – 2016. – № 3. – С. 41-46.
200. Садовников, В.В. Методы изучения и описания потоков информации / В.В. Садовников, В.Л. Эпштейн. – М.: ИПУ. – 1970. – 42 с.

201. Садовский, В.Н. Исследования по общей теории систем. Сборник переводов / В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. – М.: Прогресс. – 1969. – 518 с.
202. Садовский, В.Н. Системный подход в современной науке. (К 100-летию Людвига фон Берталанфи) / Сборник статей. – М.: Прогресс-Традиция. – 2004. – 561 с.
203. Саетова, Л.Г. Нейронная сеть и регрессия: описание линейной регрессии в нейронных сетях / Л.Г. Саетова, М.М. Горохов // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании: Сборник трудов научно-технической конференции в рамках Всероссийского молодежного научного форума «ОБЩЕНИЕ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ В НАУЧНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРАХ», Ижевск, 26 мая 2021 года. – Ижевск: Издательство УИР Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова. – 2021. – С. 15-21.
204. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – Москва: ФИЗМАТЛИТ. – 2005. – 320 с.
205. Сафоненкова, И.Б. Предметно-ориентированные онтологии как инструмент повышения эффективности подготовки обучающихся к сдаче ЕГЭ / Сафоненкова И.Б., Сафоненков А.П., Павленко А.Е. // Электронный журнал «Дневник науки». – 2023. – №4.
206. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Автоматизированная информационная система поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде» 2025683264: опубл. 02.09.2025 / Т. Е. Смоленцева.
207. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа анализа результатов применения онтологической модели информационных потоков в цифровой образовательной среде» свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687874 от 15.10.2025.

208. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа анализа результатов взаимодействия субъектов в цифровой образовательной среде» свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687511 от 10.10.2025.
209. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024669929 Российской Федерации. «Программа для организации хранения данных консультационного взаимодействия пользователей с применением социальной сети»: № 2024667102: заявл. 24.07.2024: опубл. 22.08.2024 / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Я.А. Акатьев; заявитель федеральное казенное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский институт ФСИН России».
210. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615629 Российской Федерации. Программа анализа результатов применения системы рекомендаций использования МНООЗ в учебном процессе: заявл. 26.02.2025: опубл. 06.03.2025 / Т.Е. Смоленцева.
211. Семаго М.М. Цифровизация образования: вызовы и риски для психолого-педагогической науки // Психологическая наука и образование. – 2020. – Т. 25, №2. – С. 5-16.
212. Семенов, А.Л. Цели общего образования в цифровом мире / А.Л. Семенов // Информатизация образования и методика электронного обучения: Материалы III Международной научной конференции, Красноярск, 24–27 сентября 2019 года / Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. Том Часть 2. – Красноярск: Сибирский федеральный университет. – 2019. – С. 383-388.
213. Середенко, Н.Н. Сравнительный анализ многокритериальных методов принятия решений / Н.Н. Середенко, Ю.А. Периков, А.А. Дружаев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 1. – С. 83-86.

214. Сивакова, Т.В. Применение методики агрегирования критериев для выбора инновационных изделий / Т.В. Сивакова, В.А. Судаков // Моделирование и анализ данных. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 86-95.
215. Силакова, Л.В. Сущность цифровой трансформации: понятие и процесс / Л. В. Силакова, А. Андроник, А. Д. Киселев // Baikal Research Journal. – 2024. – Т. 15, № 2. – С. 568-579.
216. Смирнова Е.В., Добрица Е.К., Демиденко Н.О. Использование онтологий в образовательных процессах //. Problems of modern science and education. – 2017. – С. 104.
217. Смоленцева Т.Е. Использование социальных сетей как основного инструмента коммуникации с пользователем для поддержки принятия решений в организационной системе высшего образования / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Я. А. Акатьев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, – № 3(46).
218. Смоленцева Т.Е. К вопросу выбора критериев при проектировании корпоративных информационных систем / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Н.Ю. Борзых // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2022. – № 4. – С. 72-77.
219. Смоленцева Т.Е. К вопросу управления входным набором критериев при выборе стратегии проектирования корпоративных информационных систем / Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева, М.В. Смирнов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 6. – С. 61-67.
220. Смоленцева, Т.Е. Основные характеристики, определяющие специфику управления сложными социальными объектами / Т. Е. Смоленцева // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2009. – № 5. – С. 120-123.
221. Смоленцева Т.Е. Разработка архитектуры программного обеспечения для поддержки принятия решений при выборе стратегий проектирования из множества альтернатив / А.В. Калач, Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева //

Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, – № 4(47).

222. Смоленцева Т.Е. Метод интеллектуального анализа информации адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. – 13(3).
223. Смоленцева Т.Е. Методология оптимизации информационных процессов на основе обмена информацией пользователями в образовательной среде // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2025. – № 3. – С.128-135.
224. Смоленцева Т.Е. Модификация архитектуры цифровой образовательной среды с технологией организации системы управления базами данных // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2025. – № 3. – С. 104-112.
225. Смоленцева Т.Е. Обобщенная внутренняя структура умного помощника (программного робота) для оперативной поддержки принятия решений в организации / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Я.А. Акатьев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 4(47).
226. Смоленцева Т.Е. Онтологическая модель информационных потоков в цифровой образовательной среде. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. –13(4).
227. Смоленцева Т.Е. Проектирование метода интеллектуального анализа информации для поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде // «Экономика и качество систем связи» 2025. – № 3. – С.134-148.
228. Смоленцева Т.Е. Проектирование модульной автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в цифровой

- образовательной среде // Computational Nanotechnology. – 2025. – Т. 12. – №3. – С. 141-152.
229. Смоленцева Т.Е. Обработка и аннотирование данных в распределенной системе интеллектуального анализа видеопотоков для детекции деструктивного поведения / Н.Н. Тетерин, Т.Е. Смоленцева // Computational Nanotechnology. – 2025. – Т. 12. – №3. – С. 178-183.
230. Смоленцева Т.Е. Разработка онтологической модели многоуровневого оценивания знаний студентов // Бизнес. Образование. Право. – 2025. – № 2(71). – С. 407-412.
231. Смоленцева Т.Е. Формирование методологической и технологической концепции эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде // «Экономика и качество систем связи». – 2025. – № 3. – С.121-134.
232. Смоленцева, Т.Е К вопросу автоматизации управления деятельностью учебно-научного структурного подразделения организаций высшего образования / М.А. Пучкова, Т.Е. Смоленцева // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 04–06 декабря 2023 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», Издательство «Научно-исследовательские публикации». – 2024. – С. 1596-1599.
233. Смоленцева, Т.Е. Поддержка принятия решений в организационной системе с использованием систем социального сетевого сервиса / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, К.А. Кузнецова // Цифровая экономика и общество: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 29 марта 2024 года. – Тверь: Тверской государственный технический университет. – 2024. – С. 73-78.
234. Смоленцева, Т.Е Современные аспекты анализа больших данных с упорядоченным аргументом / А.А. Парамонов, Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции,

Воронеж, 04–06 декабря 2023 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», Издательство «Научно-исследовательские публикации». – 2024. – С. 609-613.

235. Смоленцева, Т.Е. Многокритериальная оптимизация и управление показателями качества в задачах машинного обучения / Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 1. – С. 33-37.
236. Смоленцева, Т.Е. Модель информационной системы для поддержки данными умных домашних помощников / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Я.А. Акатьев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2024. – Т. 14. – № 4. – С. 47-59.
237. Смоленцева, Т.Е. Модель принятия эффективных управлеченческих решений в иерархических многоуровневых системах / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2022. – № 1. – С. 129-135.
238. Смоленцева, Т.Е. Обобщенная внутренняя структура умного помощника (программного робота) для оперативной поддержки принятия решений в организации / А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, Я.А. Акатьев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 4(47).
239. Смоленцева, Т.Е. Актуальные аспекты использования умных помощников для информационной поддержки принятия решений / Т.Е. Смоленцева, Я.А. Акатьев, К.А. Кузнецова // Междисциплинарные исследования экономических систем: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 30 мая 2024 года. – Тверь: Тверской государственный технический университет. – 2024. – С. 175-180.
240. Смоленцева, Т.Е. Анализ возможностей проектирования реляционной базы данных в процессе приведения к шестой нормальной

- форме / В.И. Сумин, Т.Е. Смоленцева, Я.А. Акатьев // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2021. – № 1. – С. 109-114.
241. Смоленцева, Т.Е. Анализ закономерностей функционирования элементов организационных систем в процессе принятия управленических решений / Т.Е. Смоленцева, Т.В. Лаврухина // Управление большими системами: Сборник трудов XV Всероссийской школы-конференции молодых ученых. В 2-х томах, Воронеж, 10–13 сентября 2018 года / Под редакцией С.А. Баркалова. Том 1. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет. – 2018. – С. 150-154.
242. Смоленцева, Т.Е. Анализ многоуровневых иерархических структурных моделей в системе управления качеством образования / Т.Е. Смоленцева // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 45-6. – С. 43-45.
243. Смоленцева, Т.Е. Анализ применения методов при выборе критериев на этапе формирования требований к системе / Н.Ю. Борзых, Т.Е. Смоленцева // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 12–14 декабря 2022 года / Воронежский государственный университет. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации. – 2023. – С. 1489-1492.
244. Смоленцева, Т.Е. Анализ структурных элементов цифровой образовательной среды / Т.Е. Смоленцева // Безопасность. Управление. Искусственный интеллект. – 2024. – Т. 4, – № 4(4). – С. 8-11.
245. Смоленцева, Т.Е. Графовая модель данных в задаче выбора направления дальнейшего обучения / Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач, Р.С. Толмасов // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2022. – № 3. – С. 116-120.
246. Смоленцева, Т.Е. Информатизация и использование новых информационных технологий в образовании / Т.В. Лаврухина, Т.Е. Смоленцева // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2012. – № 2. – С. 48-50.

247. Смоленцева, Т.Е. Информационные системы определения параметров управляющих воздействий на обучаемого / Т.Е. Смоленцева // Проблемы непрерывного образования: проектирование, управление, функционирование: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Липецк, 24–25 мая 2013 года. – Липецк: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Липецкий государственный педагогический университет». – 2013. – С. 88-91.
248. Смоленцева, Т.Е. К вопросу о применении интеллектуальных информационных систем в реализации программ дополнительного профессионального образования / Т.Е. Смоленцева, Н.А. Приходько // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2025. – № 1. – С. 135-148.
249. Смоленцева, Т.Е. Новые образовательные технологии в системе непрерывного образования / Т.Е. Смоленцева, С.В. Саратов // Проблемы непрерывного образования: проектирование, управление, функционирование: Материалы X Международной научно-практической конференции, Липецк, 18–19 мая 2012 года. Том Часть 1. – Липецк: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Липецкий государственный педагогический университет». – 2012. – С. 166-168.
250. Смоленцева, Т.Е. Определение индивидуальных параметров обучаемого, необходимых для управления его состоянием в учебном процессе / Т.В. Мирошникова, Т.Е. Смоленцева, В.Я. Баннов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2011. – Т. 1. – С. 158-160.
251. Смоленцева, Т.Е. Применение информационных технологий в процессе реализации функции индивидуального подхода к обучаемым / Т.Е. Смоленцева // Инновационные информационные технологии. – 2013. – № 2-1. – С. 401-403.

252. Смоленцева, Т.Е. Применение многоуровневых систем в сфере образования / Т.Е. Смоленцева // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 45-6. – С. 46-47.
253. Смоленцева, Т.Е. Разработка алгоритма объектов управления сложных систем с учетом динамики характеристик / Т.Е. Смоленцева, А.С. Кравченко, С.В. Родин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-1. – С. 79-84.
254. Смоленцева, Т.Е. Разработка архитектуры системы управления информационными ресурсами в рамках модели хранилища данных data Vault 2.0 / П.О. Конаков, Т.Е. Смоленцева // Столыпинский вестник. – 2022. – Т. 4, № 9.
255. Смоленцева, Т.Е. Разработка программного комплекса информационного процесса обучения / Т.В. Мирошникова, Т.Е. Смоленцева // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2010. – № 1. – С. 155-158.
256. Смоленцева, Т.Е. Технология оценки остаточных знаний как элемент образовательной среды / Т.Е. Смоленцева // Безопасность. Управление. Искусственный интеллект. – 2024. – Т. 4. – № 4(4). – С. 32-35.
257. Смоленцева, Т.Е. Формирование прогнозируемых характеристик в процессе обучения / Т.Е. Смоленцева, Е.А. Ковалева // Математические методы и информационно-технические средства: Труды VII Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 24 июня 2011 года. – Краснодар: Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации». – 2011. – С. 124-125.
258. Смоленцева, Т.Е. Эффективность применения модели определения индивидуальных характеристик в процессе изучения социальных объектов / Т.Е. Смоленцева // Социально-экономические явления и процессы. – 2013. – № 3(49). – С. 133-135.

259. Смоленцева Т.Е. Интеллектуальный анализ информации при построении сценариев взаимодействия в цифровой образовательной среде / Т.Е. Смоленцева, Е.С. Алексеева // Безопасность. Управление. Искусственный интеллект. – 2025. – № 3. – С. 37-40.
260. Смоленцева, Т.Е. Информационно-вычислительный комплекс прогнозирования индивидуальных показателей / В.И. Сумин, П.А. Васильев, Т.Е. Смоленцева // Математические методы и информационно-технические средства: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 19 июня 2015 года / Редакционная коллегия: председатель И.Н. Старostenко, заместитель председателя Е.В. Михайленко, ответственный секретарь Ю.Н. Сопильняк, Члены редакционной коллегии: А.В. Еськов, М.В. Шарпан. – Краснодар: Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации". – 2015. – С. 293-296.
261. Смоленцева, Т.Е. Моделирование обучения с использованием временных рядов наблюдений: монография / В.И. Сумин, Т.Е. Смоленцева // Воронеж: Научная книга. – 2014. – 103 с.
262. Соболев, А.Д. Методы оценки цифровой зрелости организаций в сфере ИТ / А.Д. Соболев, Ю.В. Ляндау // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 6. – С. 66-68.
263. Созыкин, А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей / А.В. Созыкин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2017. – Т. 6, № 3. – С. 28-59.
264. Соколова, И.С. Практическое применение искусственного интеллекта в условиях цифровой экономики / И.С. Соколова, А.А. Гальдин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018.
265. Сэкулич, Н.Б. Электронная информационно-образовательная среда университета: принципы построения и структура // Вестник БГУ. 2016. №4.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektronnaya-informatsionno-obrazovatelnaya-sreda-universiteta-principy-postroeniya-i-struktura> (дата обращения: 13.01.2025).

266. Тайлаков, У.Н. Единое информационно-образовательное пространство школы как фактор повышения качества образовательных процессов // Молодой ученый. – 2013. – №5.
267. Танцева, Д.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / Д.А. Танцева // Актуальные проблемы управления, экономики и подготовки профессиональных кадров. – 2018. – С. 16-18.
268. Тебекин, А.В. Общенаучные методы в системе классификации методов принятия управленческих решений в менеджменте / А.В. Тебекин, П.А. Тебекин // Маркетинг и логистика. – 2016. – № 6 (8). – С. 91-106.
269. Тебекин, А.В. Сравнительная оценка количественных и качественных методов принятия управленческих решений в условиях антикризисного управления / А.В. Тебекин // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2019. – № 3. – С. 221-231.
270. Тернер, Е. Ю., Шайхутдинова Д. М. Управление качеством в образовании: ключевые аспекты // КПЖ. – 2016. – №4 (117).
271. Трофимова, Н.Н. Адаптивные цифровые среды обучения в вузе. Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. №16(2). С. 179–189.
272. Турсуков, Н.О. Оценка эффективности нейронных сетей на основе критериев выполнения задачи классификации объектов / Н.О. Турсуков, И.И. Виксинин, Е.А. Неверов, Е.Л. Шейнман, С.С. Чупров // XXVI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2023). – 2023. – С 153-156.
273. Тюрин, Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров // М.: ИНФРА-М, – 1998. – 368 с.

274. Уваров, А.Ю. Цифровая трансформация и сценарии развития общего образования. – М.: Изд. НИУ ВШЭ. – 2020. – 108 с.
275. Фаустова, К.И. Нейронные сети: применение сегодня и перспективы развития / К.И. Фаустова // Территория науки. – 2017. – № 4. – С. 83-87.
276. Федирко, С.Н. Технологии управления данными при проектировании системы поддержки принятия решений / С.Н. Федирко // Вестник Сыктывкарского университета. – 2020. – № 2 (35). – С. 59-68.
277. Федоренко, Н.П. Системный подход к народнохозяйственному планированию. – М.: ЦЭМИ. –1972.
278. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Наука, – 1966. – Т. 2. – 800 с.
279. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, – 1978. – 352 с.
280. Флейшман, Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем / Б.С. Флейшман. – М.: Изд-во Советское радио. – 1971. – 224 с.
281. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития / А.В. Бабкин, Д.Д. Буркальцева, Д.Г. Костень, Ю.Н. Воробьев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2017. – Т. 10, – № 3. – С. 9-25.
282. Фуфаев, Э.В. Базы данных: учебное пособие / Э.В. Фуфаев, Д.Э. Фуфаев. // М.: Академия. –2015. – 320 с.
283. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс / С. Хайкин; Саймон Хайкин; [пер. с англ. Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестова]. – 2-е изд. – М. [и др.]: Вильямс. – 2006. – 1104 с.
284. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах / Д. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир. – 1969. – 395 с
285. Хан, Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга / Д. Хан. – М.: Финансы и статистика. – 1997. – 800 с.

286. Хант, Э. Искусственный интеллект / Э. Хант. – М.: Мир. – 1978. – 558 с.
287. Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М.: Мир. – 2003. – 300 с.
288. Харман, Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. – М.: Статистика. – 1972. – 489 с.
289. Хейес-Рот, Ф. Построение экспертных систем / Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. – М.: Мир. – 1987. – 450 с.
290. Хливненко, Л. В. Практика нейросетевого моделирования / Л. В. Хливненко. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет. – 2015. – 214 с.
291. Холод, Н.И. Решение задач линейного программирования / Н.И. Холод. – Минск.: БГУ. – 1974. – 180 с.
292. Хохлов, Д.С. Технологический аудит как инструмент поддержки принятия решений в кооперационных проектах университетов и предприятий / Д.С. Хохлов // Управление правами на РИД в кооперационных проектах университетов. – 2023. – С. 55-63.
293. Чуркина, Н.А. «Цифровой след» в аспекте электронного обучения. Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – (11(125)). – 47.
294. Шарафутдинова, Р.И. Профессиональная деятельность современного инженера / Р.И. Шарафутдинова, И.И. Галимзянова // Вестник Казанского технологического университета. – 2021. – № 6. – С. 255-257.
295. Шматко, А.Д. Внедрение аддитивных технологий и технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс / А.Д. Шматко, А.В. Чабаненко, А.С. Степашкина // Актуальные проблемы труда и развития человеческого потенциала: вузовско-академический сборник научных трудов. Том Вып. № 4 (21). – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 15-24.
296. Шульц, В.Л. Использование виртуальных структур при формировании сценарно-когнитивных моделей на основе использования

- экспертных знаний / В.Л. Шульц, И.В. Чернов // Управление большими системами: сборник трудов. – 2024. – № 108. – С. 156-173.
297. Щербаков, В.В. Автоматизация бизнес-процессов в логистике: Для бакалавров и магистров / В.В. Щербаков, А.В. Мерзляк, Е.О. Коскур-Оглы. – Санкт-Петербург: Питер. – 2016. – 464 с.
298. Яновская, О.А. Архитектура цифровых технологий в образовании / О. А. Яновская, Н. А. Кыдырмина // Education. Quality Assurance. – 2021. – № 4(25). – С. 33-39.
299. Ясницкий, Л.Н. Введение в искусственный интеллект: учебное пособие для студентов вузов / Л.Н. Ясницкий. – Москва: Academia. – 2005. – 176 с.
300. Ясницкий, Л.Н. Интеллектуальные системы: учебник / Л.Н. Ясницкий. – Москва: ООО «Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний». – 2016. – 221 с.
301. Adaloglou N. How Attention works in Deep Learning: understanding the attention mechanism in sequence models // <https://theaisummer.com/attention/>
302. Bajpai, Pratibha, Kumar M. Genetic Algorithm – an Approach to Solve Global Optimization Problems // Indian Journal of Computer Science and Engineering. – 2010. – № 1. – P. 199-206.
303. Bakshy, E. et al. Designing and Deploying Online Field Experiments. WWW. – 2014. – P. 1-10.
304. Celińska-Kopczyńska D., Kopczyński E. Non-Euclidean Self-Organizing Maps // <https://arxiv.org/pdf/2109.11769v1.pdf>. – P 1938–1944.
305. Charilogis V., Tsoulos I.G. Introducing a Parallel Genetic Algorithm for Global Optimization Problems. AppliedMath. – 2024. – № 4. – P. 709-730.
306. Chi M., VanLehn K. et al. Reinforcement Learning-based Tutorial Strategy. Int. J. of AI in Education. – 2021. – Vol. 31(4). – P. 639–676.
307. Corbett A., Anderson J. Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of Procedural Knowledge. User Modeling and User-Adapted Interaction. – 1995. Vol. 4. – P. 253–278.

308. Desai S., Ramaswamy H.G. Ablation-cam: Visual explanations for deep convolutional network via gradient-free localization // IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), – 2020. – P. 972-980.
309. Deshpande A. A Beginner’s Guide To Understanding Convolutional Neural Networks // <https://adeshpande3.github.io/A-Beginner’s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks/>
310. Devlin N. A systematic review of international guidance for self-report and proxy completion of child-specific utility instruments C Mpundu-Kaambwa, N Bulamu, L Lines, G Chen, K Dalziel, N Devlin, ...Value in health – 25 (10), – 1791-1804, – 2022.
311. Fuller R. Introduction to Neuro-Fuzzy Systems. – Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. – 2000. – 289 p.
312. Ghosh S., Chatterjee A., Fiondella L. An active learning framework for adversarial training of deep neural networks // Neural Computing and Applications. – 2025. – № 37. – P. 6849–6876.
313. Golder S.A., Macy M.W. Digital Footprints: Opportunities and Challenges for Online Social Research // Annual Review of Sociology. – 2014. – Vol. 40. – No. 1. – P. 129–152
314. Lecun, Yann & Yere, Yere & Haffner, Patrick & Rachmad, Yoesoep & Bottou, Leon. (1998). Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. Proceedings of the IEEE. 86. 2278 - 2324. 10.1109/5.726791.
315. Gua J., Wangb Z., Kuenb J., Mab L., et.al. Recent Advances in Convolutional Neural Networks // <https://arxiv.org/pdf/1512.07108.pdf>. P. 1–38.
316. Haber E., Ruthotto L. Stable Architectures for Deep Neural Networks // <https://arxiv.org/pdf/1705.03341.pdf>. P. 1–32.
317. Hattie J., Timperley H. The Power of Feedback. Educational Review. – 2007. – Vol. 77. – No. 1. – P. 81–112.
318. Karpukhin, V. et al. Dense Passage Retrieval for Open-Domain QA. EMNLP. – 2020. – P. 1–13.
319. Mandel, T. et al. Offline Policy Evaluation Across Representations with Applications to Educational Games. AAMAS. – 2014. – P. 1077–1084.

320. Piech C., Bassen J., Huang J. et al. Deep Knowledge Tracing. Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2015. – P. 505-513.
321. Piech, C. et al. Deep Knowledge Tracing. NIPS. – 2015. – P. 1-9.
322. Seshia S.A., Desai A., Dreossi T., Fremont D.J., et. Al.. Formal Specification for Deep Neural Networks // <https://people.eecs.berkeley.edu/~sseshia/pubdir/atva18.pdf>. – P. 1-14.
323. Smolentseva, T.E. Analysis of the Functioning and Structural Decomposing of Special-Purpose Information Systems / V.I. Sumin, T.E. Smolentseva, Yu.Yu. Gromov, V.M. Tyutyunnik // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2021. – Vol. 55. – No. 4. – P. 169-177.
324. Smolentseva, T.E. Description of the process of information flows formalization in the quality management system of education / T.E. Smolentseva, E.G. Berger, I.S. Gantz // III International Workshop on Modeling, Information Processing and Computing (MIP: Computing-2021), Krasnoyarsk, 28 мая 2021 года. Vol. 2899. – Krasnoyarsk, Russia: CEUR-WS. – 2021. – P. 48-53.
325. Smolentseva, T.E. Designing an algorithm for supporting information generation process optimization / T.E. Smolentseva, A.V. Svishchev, N.V. Katakhova // III International Workshop on Modeling, Information Processing and Computing (MIP: Computing-2021), Krasnoyarsk, 28 мая 2021 года. Vol. 2899. – Krasnoyarsk, Russia: CEUR-WS. – 2021. – P. 85-92.
326. Smolentseva, T.E. Formation of the predicted training parameters in the form of a discrete information stream / T.E. Smolentseva, V.I. Sumin, V.K. Zolnikov, V.V. Lavlinsky // Journal of Physics: Conference Series, Voronezh, 18–20 декабря 2017 года. – Vol. 973. – Voronezh: Institute of Physics Publishing. – 2018.
327. Smolentseva, T.E. Information model of trainee characteristics with definition of stochastic behavior of dynamic system / V.I. Sumin, T.E. Smolentseva, S.V. Belokurov, O.V. Lankin // Journal of Physics: Conference Series, Voronezh, 18–20 декабря 2017 года. – Vol. 973. – Voronezh: Institute of Physics Publishing. – 2018.

328. Smolentseva, T.E. On the Implementation of Residual Knowledge Continuous Assessment Technology in an Educational Organization Using Artificial Intelligence Tools / Buinevich, M., Shkerin, A., Smolentseva, T., Puchkova, M. //Proceedings – 2024 4th International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education, TELE 2024. – 2024. – p. 111–114.

Листинг 00 – Выделение подтаблиц с данными

```
question_columns = [col for col in df.columns if "Вопрос" in col and "Время" not
in col]

time_columns = [col for col in df.columns if "Время на Ответ" in col]
```

В данных по времени ответа на вопросы присутствуют единицы изменения – секунды (сек). Для дальнейшего применения данных в алгоритме производятся преобразования строк в числовые значения путём удаления текста «сек» и пробелов, оставляя только число (Листинг 01).

Листинг 01 – Функция преобразования времени

```
def parse_time(time_str):
    return float(time_str.replace(" сек", "").strip())
```

Затем, для подсчёта статистики по каждому субъекту (студенту) инициируется подсчёт по каждой строке и собирается следующая статистика: подсчёт количества верных и неверных ответов, извлечение списка со временем ответа на каждый вопрос (Листинг 02).

Листинг 02 – Обработка данных студентов

```
for _, row in df.iterrows():

    answers = [row[col] for col in question_columns]
    correct_answers = sum(1 for ans in answers if ans == "Верно")
    uncorrect_answers = sum(1 for ans in answers if ans == "Неверно")
    times = [parse_time(row[col]) for col in time_columns]
```

По результатам извлечения данных происходит формирование словаря по каждому субъекту (студенту) с полями: количество верных ответов, количество неверных ответов, общее время тестирования, время на каждый вопрос (Листинг 03).

Листинг 03 – Формирование результата

```
student_data = {  
    "correct_answers": correct_answers,  
    "uncorrect_answers": uncorrect_answers,  
    "total_time": sum(times),  
    "question_times": times  
}
```

Итоговый возможный промежуточный вариант предобработки данных, начиная загрузкой файла из СДО, заканчивая созданием списка результатов,ложен в Листинге 04.

Листинг 04 – Промежуточная предобработка данных для анализа

```
df = pd.read_excel("C:/Users/User/Downloads/data.xlsx")  
  
question_columns = [col for col in df.columns if "Вопрос" in col and "Время" not  
in col]  
  
time_columns = [col for col in df.columns if "Время на Ответ" in col]  
  
def parse_time(time_str):  
    return float(time_str.replace(" сек", "").strip())  
  
students_data = []  
  
for _, row in df.iterrows():  
    answers = [row[col] for col in question_columns]  
    correct_answers = sum(1 for ans in answers if ans == "Верно")  
    uncorrect_answers = sum(1 for ans in answers if ans == "Неверно")  
    times = [parse_time(row[col]) for col in time_columns]  
    student_data = {  
        "correct_answers": correct_answers,  
        "uncorrect_answers": uncorrect_answers,  
        "total_time": sum(times),  
        "question_times": times  
    }  
    students_data.append(student_data)
```

Для дальнейшего удобного анализа полученный список удобно преобразовать в тип DataFrame с соответствующими колонками, обозначим его df. Необходимо корректно перенести данные по времени решения заданий. Поскольку количество заданий в каждом тесте может быть различным, предлагается процедура циклического формирования соответствующих столбцов в зависимости от длины списка переменной question_times. Результат формирования промежуточного DataFrame для работы с временными данными представлен в Листинге 05.

Листинг 05 – Формирование промежуточного DataFrame для работы с временными данными

```
df = pd.DataFrame(students_data)
times_df = pd.DataFrame(df['question_times'].tolist())
times_df.columns = [f'time_q{i+1}' for i in range(times_df.shape[1])]
```

После корректного формирования таблицы с временными отсечками, объединяем её с исходной таблицей, удаляя и неё исходный столбец со списком временных показателей решения заданий и добавляем идентификационный номер студентов. Для удобства, результат можно преобразовать в соответствующем порядке столбцов (Листинг 06).

Листинг 06 – Формирование итогового DataFrame классификации

```
df = df.drop(columns=['question_times'])
df = pd.concat([df, times_df], axis=1)
df['student_id'] = ['001', '002', '003']
df = df[['student_id', 'correct_answers', 'uncorrect_answers', 'total_time',
          'time_q1', 'time_q2', 'time_q3', 'time_q4', 'time_q5']]
```

Пример реализации приложения, разработанного для экспертной оценки и опросов субъектов цифровой образовательной среды:

Листинг 07 – Алгоритм классификации для обратной связи на основе доли правильных ответов и среднего времени решения заданий

```

global_avg_accuracy = 0.6
global_avg_time = round(df['total_time'].sum() /
(len(list_of_time_col)*len(df['correct_answers'])),3)
def needs_feedback(student_row, global_avg_accuracy, global_avg_time):
    accuracy = student_row['correct_answers'] /
(student_row["correct_answers"]+student_row["uncorrect_answers"])
    avg_time = student_row['total_time'] /
(student_row["correct_answers"]+student_row["uncorrect_answers"])
    condition1 = accuracy <= global_avg_accuracy
    condition2 = avg_time > global_avg_time
    return condition1 or condition2

```

Листинг 08 – Алгоритм классификации для обратной связи на основе индивидуальных метрик

```

global_avg_accuracy = 0.6
global_avg_time = round(df['total_time'].sum() /
(len(list_of_time_col)*len(df['correct_answers'])),3)
max_time_threshold = 50
def needs_feedback(student_row, global_avg_accuracy, global_avg_time ,
max_time_threshold):
    accuracy = student_row['correct_answers'] /
(student_row["correct_answers"]+student_row["uncorrect_answers"])
    avg_time = student_row['total_time'] /
(student_row["correct_answers"]+student_row["uncorrect_answers"])
    time_columns = [col for col in student_row.index if col.startswith('time_')]
    max_time = student_row[time_columns].max()
    condition1 = accuracy <= global_avg_accuracy
    condition2 = avg_time > global_avg_time
    condition3 = max_time > max_time_threshold
    return condition1 or condition2 or condition3

```

```
global_avg_accuracy = 0.6

def needs_feedback(student_row, global_avg_accuracy):
    accuracy = student_row['correct_answers'] /
    (student_row["correct_answers"]+student_row["uncorrect_answers"])
    condition1 = accuracy <= global_avg_accuracy
    return condition1
```

```
import numpy as np
from transformers import GPT2LMHeadModel, TrainingArguments, Trainer,
GPT2Tokenizer
from datasets import load_dataset, DatasetDict
from evaluate import load
from rouge_score import rouge_scorer
import sacrebleu
# Загрузка данных с минимальным потреблением памяти
# Используем streaming=True для потоковой загрузки данных, избегая
загрузки всего набора в память
raw_dataset = load_dataset('csv',
data_files='adjusted_big_data_answers_dataset_v2.csv', streaming=True)
# Ограничиваем число данных для тестирования
sample_size = 500 # Ещё больше урезали выборку
samples = raw_dataset['train'].shuffle(seed=42).take(sample_size)
# Загрузка токенизатора и добавление спецсимволов
tokenizer = GPT2Tokenizer.from_pretrained('gpt2')
if tokenizer.pad_token is None:
    tokenizer.add_special_tokens({'pad_token': '[PAD]'})
# Функция токенизации с меньшим размером токенов
def tokenize_function(examples):
    tokenized_outputs = tokenizer(
        examples['Given answer'],
        padding="max_length",
        truncation=True,
        max_length=256 # Сократили максимальную длину до 256
    )
    tokenized_outputs["labels"] = tokenized_outputs["input_ids"][:]
    return tokenized_outputs
# Применение токенизации к уменьшенному набору данных
```

```

from datasets import Dataset
small_dataset = Dataset.from_list(list(samples))
tokenized_datasets = small_dataset.map(tokenize_function, batched=True)
# Загрузка обученной модели из сохранённой директории
model = GPT2LMHeadModel.from_pretrained('fine_tuned_gpt2_big_data')
model.resize_token_embeddings(len(tokenizer))
# Загрузка метрики accuracy
metric = load("accuracy")
def compute_metrics(eval_pred):
    logits, labels = eval_pred
    predictions = np.argmax(logits, axis=-1)
    true_labels = labels.flatten()
    true_predictions = predictions.flatten()
    return metric.compute(predictions=true_predictions, references=true_labels)
# Оценка модели на тестовом датасете с уменьшенным batch_size
eval_results = Trainer(
    model=model,
    args=TrainingArguments(
        output_dir=".results",
        per_device_eval_batch_size=2      # Уменьшили размер batch для
                                        # экономии памяти
    ),
    eval_dataset=tokenized_datasets,
    compute_metrics=compute_metrics
).evaluate()
print(eval_results)
# Вычисление perplexity
loss = eval_results["eval_loss"]
perplexity = np.exp(loss)
print(f"Perplexity: {perplexity}")
# Оценка BLEU

```

```
references = [["This is a test sentence"], ["This is another test sentence"]]
predictions = ["This is a test sentence"]
bleu_score = sacrebleu.corpus_bleu(predictions, references)
print(f'BLEU score: {bleu_score.score}')
# Оценка ROUGE
references = ["This is a test sentence."]
predictions = ["This is a test sentence generated by the model."]
scorer      =      rouge_scorer.RougeScorer(['rouge1',      'rouge2',      'rougeL'],
use_stemmer=True)
scores = scorer.score(references[0], predictions[0])
print(f'ROUGE score: {scores}')
```

Листинг 1 - Нормализация текста

```
def normalize_text(text):
    text = text.lower()
    text = text.translate(str.maketrans(", ", string.punctuation))
    words = text.split()
    lemmas = [morph.parse(word)[0].normal_form for word in words]
    return lemmas
```

Листинг 2 – Функция оценки текста. Часть I – Оценка по общим словам

```
def evaluate_answer(answer, required_keywords,
                    bonus_keywords_with_weights):
    normalized_answer = normalize_text(answer)
    normalized_required = [morph.parse(word)[0].normal_form for word in
                           required_keywords]
    normalized_bonus = {morph.parse(word)[0].normal_form: weight for word,
                        weight in bonus_keywords_with_weights.items()}

    found_required = [word for word in normalized_required if word in
                      normalized_answer]
    missing_required = [word for word in normalized_required if word not in
                        normalized_answer]
    required_score = len(found_required) / len(required_keywords)
    if required_score == 1:
        base_score = 5
    elif 0.75 <= required_score < 1:
        base_score = 4
    elif 0.5 <= required_score < 0.75:
        base_score = 3
    elif 0.25 <= required_score < 0.5:
        base_score = 2
    else:
```

```
base_score = 1
```

Листинг 3 – Функция оценки текста. Часть 2 – Оценка бонусных слов

```
bonus_score = 0
found_bonus = []
for word, weight in normalized_bonus.items():
    if word in normalized_answer:
        bonus_score += weight
        found_bonus.append((word, weight))

total_score = base_score + bonus_score

result = (
    f"Базовый балл: {base_score}\n"
    f"Обязательные слова: найдено
{len(found_required)}/{len(required_keywords)} "
    f"(найдено: {', '.join(found_required)}; пропущено: {',
    .join(missing_required)} if missing_required else 'нет'})\n"
    f"Бонусные слова: {', '.join(f'{word} ({weight})' for word, weight in
found_bonus) if found_bonus else 'не найдены'})\n"
    f"Общий балл: {total_score}"
)
return total_score, result
```

Листинг 4 – Пример написания теории, вопроса и ответа

```
theoretical_insert = """
```

Второй закон Ньютона гласит, что сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на его ускорение.

Математически это выражается как $F = m * a$, где F — сила, m — масса, a — ускорение.

первый закон гласит что тело остаётся в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно, если на него не действуют внешние силы.

третий закон говорит что силы взаимодействия двух тел равны по величине, противоположно направлены, и действуют вдоль прямой, соединяющей эти тела.

```
"""
```

```
question = "Сформулируйте второй закон Ньютона."
```

```
print(question)
```

```
student_answer = input("Введите ответ: ")
```

Листинг 5 – Формирование промта

```
prompt = f"""
```

Оцените полноту и правильность ответа студента на вопрос, основываясь на предоставленной теории.

Теория: {theoretical_insert}

Вопрос: {question}

Ответ студента: {student_answer}

Дайте оценку от 0 до 100 и краткое пояснение.

```
"""
```

Листинг 6 – Запрос к GigaChat

```
try:
```

```
    headers = {
```

```
        'Content-Type': 'application/json',
```

```
        'Accept': 'application/json',
```

```
'Authorization': f'Bearer {access_token}'  
}  
  
payload = {  
    'model': 'GigaChat',  
    'messages': [  
        {'role': 'system', 'content': 'Вы — помощник, оценивающий ответы  
студентов.'},  
        {'role': 'user', 'content': prompt}  
    ],  
    'max_tokens': 150  
}  
  
response = requests.post(API_URL, headers=headers, json=payload,  
verify=False)  
  
response.raise_for_status()  
  
evaluation = response.json()['choices'][0]['message']['content']  
print("Оценка GigaChat:\n", evaluation)  
  
except requests.exceptions.RequestException as e:  
    print(f"Ошибка при обращении к API GigaChat: {e}")  
except KeyError as e:  
    print(f"Ошибка в структуре ответа API: {e}")
```

Приложение Д

Рассмотрим основные случаи: полностью верный ответ (рисунок 1), частично правильный ответ (рисунок 2), неправильный ответ (рисунок 3).

Вопрос: Могут ли «Переменные системы» и «Переменные сессии» иметь переменную с одинаковым именем?
Ваш ответ: да система может иметь в сессии переменные с одинаковым именем

Результат оценки:

Базовый балл: 5

Обязательные слова: найдено 4/4 (найдено: да, одинаковый, имя, переменный; пропущено: нет)

Бонусные слова: система (+1), сессия (+1)

Общий балл: 7

Рисунок 1. Полностью верный ответ

Вопрос: К основным этапам работы с хранилищами данных относят:
Ваш ответ: извлечение, преобразование, очистка и загрузка

Результат оценки:

Базовый балл: 5

Обязательные слова: найдено 4/4 (найдено: извлечение, преобразование, очистка, загрузка; пропущено: нет)

Бонусные слова: не найдены

Общий балл: 5

Рисунок 2. Верный ответ по ключевым словам

Вопрос: Когда Data Science стал общеупотребительным в контексте дисциплины, интегрирующей все направления использования данных?
Ваш ответ: во 80хх годах

Результат оценки:

Базовый балл: 2

Обязательные слова: найдено 1/4 (найдено: год; пропущено: 70, xx, век)

Бонусные слова: не найдены

Общий балл: 2

Рисунок 3. Неправильный ответ

Проведем тестирование получившейся структуры и отметим уникальные случаи и детальный анализ (Рисунки 4-6).

Сформулируйте второй закон Ньютона.

Введите ответ: $F = m * a$

Оценка GigaChat:

Оценка: 100

Пояснение: Ответ полностью соответствует формулировке второго закона Ньютона,

Рисунок 4. Ответ в виде формулы

Полное пояснение: Ответ полностью соответствует формулировке второго закона Ньютона, приведенной в теории. Студент точно и корректно записал математическое выражение закона, включив все необходимые компоненты (силу, массу и ускорение).

Сформулируйте второй закон Ньютона.

Введите ответ: *сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на его ускорение*

Оценка GigaChat:

Оценка: 100

Пояснение: Ответ студента полностью соответствует формулировке второго закона Ньютона из

Рисунок 5. Ответ в словесной форме

Полное пояснение: Ответ студента полностью соответствует формулировке второго закона Ньютона из представленной теории. Студент точно и лаконично выразил математическую зависимость между силой, массой и ускорением ($F = m * a$).

Сформулируйте второй закон Ньютона.

Введите ответ: *силы взаимодействия двух тел равны по величине*

Оценка GigaChat:

Оценка: 20

Пояснение: В ответе студент неверно сформулировал второй закон Ньютона. Согласно

Рисунок 6. Неправильный ответ

```
import json
import requests
import random
import re
import os
from typing import List, Set
from openpyxl import Workbook, load_workbook
from datetime import datetime
# === Конфигурация ===
# MAX_FOLLOWUPS - Число максимально возможных заданных
# уточняющих вопросов
# QUESTION_PER_SESSION - Количество вопросов в тесте
# EXCEL_FILENAME - Путь к файлу с банком вопросов
# LOG_DIR - папка, куда сохраняются файлы с ответами студентов
# Если Ollama работает на удаленном сервере или другом ПК в сети -
OLLAMA_URL = "http://<IP_той_машины>:11434/api/generate"

OLLAMA_URL          = os.getenv("OLLAMA_URL",
"http://localhost:11434/api/generate")
OLLAMA_MODEL = "mistral"
MAX_FOLLOWUPS = 3
EXCEL_FILENAME      =
"C:\\\\Users\\\\Katy\\\\Desktop\\\\MIREA_AI\\\\Dialog\\\\results.xlsx"
LOG_DIR = "C:\\\\Users\\\\Katy\\\\Desktop\\\\MIREA_AI\\\\Dialog\\\\Logs"
os.makedirs(LOG_DIR, exist_ok=True)
SESSION_LOG_FILENAME = os.path.join(LOG_DIR,
f"session_log_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}.txt")
QUESTION_PER_SESSION = 5
def load_prompt_template(file_path: str) -> str:
```

```

with open(file_path, encoding="utf-8") as f:
    return f.read()

def ask_ollama(question: str, correct_answer: str, student_reply: str, keywords: List[str], n_questions: int) -> str:
    prompt_template = load_prompt_template("prompt.txt")
    prompt = prompt_template.format(
        question=question,
        correct_answer=correct_answer,
        student_reply=student_reply,
        keywords=", ".join(keywords),
        n_questions=n_questions
    )
    response = requests.post(OLLAMA_URL, json={
        "model": OLLAMA_MODEL,
        "prompt": prompt,
        "stream": False
    }, timeout=60)
    response.raise_for_status()
    return response.json()["response"]

def parse_ollama_response(response: str, asked_before: Set[str]):
    found_keywords = set()
    questions = []

    if "все понятия раскрыты" in response.strip().lower():
        return "полный", []

    for line in response.strip().splitlines():
        if line.lower().startswith("ключевые слова:"):
            keyword_line = line[len("ключевые слова:"):].strip()
            found_keywords.update(map(str.strip, keyword_line.split(",")))
        elif "?" in line:
            question_base = line.strip().lower().rstrip("?").strip()

```

```

if question_base not in asked_before:
    questions.append(line.strip())
    asked_before.add(question_base)

return found_keywords, questions

def load_questions(file_path: str):
    with open(file_path, encoding='utf-8') as f:
        return json.load(f)

def remove_numbering(text: str) -> str:
    return re.sub(r"^\s*\d+[\.\)]\s*", "", text)

def is_answer_correct(student_answer: str, correct_answer: str, correct_option: int = None) -> bool:
    student_answer = student_answer.strip().lower()
    if correct_option is not None:
        pattern = rf"^(ответ|вариант|вариант №)?\s*{correct_option}\$"
        if re.match(pattern, student_answer):
            return True

    correct_answers = [ans.strip().lower() for ans in correct_answer.split(";")]
    return student_answer in correct_answers

def prepare_excel_file(filename: str):
    if os.path.exists(filename):
        wb = load_workbook(filename)
        ws = wb.active

        if ws.max_row == 0 or ws.cell(row=1, column=1).value != "Попытка":
            ws.insert_rows(1)
            ws["A1"] = "Попытка"
            ws["B1"] = "№ вопроса"
            ws["C1"] = "Полнота ответа"

    else:
        wb = Workbook()
        ws = wb.active
        ws.title = "Результаты"

```

```

ws.append(["Попытка", "№ вопроса", "Полнота ответа"])

return wb, ws

def log_to_file(text: str):
    with open(SESSION_LOG_FILENAME, "a", encoding="utf-8") as f:
        f.write(text + "\n")

if __name__ == "__main__":
    questions = load_questions("questions.json")
    N_QUESTIONS = QUESTION_PER_SESSION
    asked_questions = random.sample(questions, k=min(N_QUESTIONS,
len(questions)))

    wb, ws = prepare_excel_file(EXCEL_FILENAME)
    existing_attempts = sum(1 for row in ws.iter_rows(min_row=2,
values_only=True) if any(cell is not None for cell in row))
    session_number = (existing_attempts // QUESTION_PER_SESSION) + 1
    log_to_file(f"Сессия #{session_number} \n")
    for idx, question in enumerate(asked_questions, start=1):
        question_text = question.get("text", "")
        correct_answer = question.get("correct_answer", "")
        correct_option = question.get("correct_option")
        keywords_raw = question.get("keywords", []) or question.get("aspects", [])
        if not keywords_raw:
            print(f"Вопрос {idx} не содержит ключевых слов. Пропущен.")
            ws.append([session_number, idx, "Неверно"])
            wb.save(EXCEL_FILENAME)
            continue
        keywords = set(map(str.lower, keywords_raw))
        print(f"\nВопрос {idx} из {N_QUESTIONS}:")
        print(question_text)
        print("\n" + "-" * 50 + "\n")
        log_to_file(f"Вопрос {idx}: {question_text}")
        student_reply = input("Ответ: ")

```

```

log_to_file(f"Ответ: {student_reply}")

if not is_answer_correct(student_reply, correct_answer, correct_option):
    print("\nОтвет неверный. Переходим к следующему вопросу.\n")
    ws.append([session_number, idx, "Неверно"])
    wb.save(EXCEL_FILENAME)
    continue

asked_before = set()

response = ask_ollama(question_text, correct_answer, student_reply,
list(keywords), n_questions=MAX_FOLLOWUPS)

result, followup_questions = parse_ollama_response(response,
asked_before)

if result == "полный":
    ws.append([session_number, idx, "Ответ полный"])
    wb.save(EXCEL_FILENAME)
    log_to_file("Все понятия раскрыты\n")
    continue

found_keywords = set(map(str.lower, result))

remaining_keywords = keywords - found_keywords
attempts = 0

while followup_questions and attempts < MAX_FOLLOWUPS and
remaining_keywords:
    current_question = remove_numbering(followup_questions.pop(0))
    print("\nУточняющий вопрос:")
    print(current_question)
    log_to_file(f"Уточняющий вопрос: {current_question}")
    followup_reply = input("Ответ: ")
    log_to_file(f"Ответ студента: {followup_reply}")
    attempts += 1

    response = ask_ollama(question_text, correct_answer, followup_reply,
list(remaining_keywords), n_questions=MAX_FOLLOWUPS - attempts)

    result, followup_questions = parse_ollama_response(response,

```

```
asked_before)

    if result == "полный":
        remaining_keywords.clear()
        break
    found_keywords.update(map(str.lower, result))
    remaining_keywords = keywords - found_keywords
    if not remaining_keywords:
        ws.append([session_number, idx, "Ответ полный"])
        log_to_file("Все понятия\n")
    else:
        ws.append([session_number, idx, "Ответ неполный"])
        log_to_file("Ответ неполный\n")
    wb.save(EXCEL_FILENAME)
```

```
"id": "q1",
"text": "Выберите верный вариант:\n1. Информация — это необработанные символы\n2. Данные — это обработанные сведения\n3. Информация — это интерпретированные данные\n4. Сведения — это синтаксическая структура данных",
"correct_answer": "Информация — это интерпретированные данные",
"correct_option": 3,
"keywords": [
    "интерпретация данных",
    "информационное представление",
    "контекст",
    "необработанные факты",
    "организация элементов",
    "связи между данными",
    "структурированная информация"
],
},
{
"id": "q2",
"text": "Что из перечисленного не относится к характеристикам больших данных?\n1. Объём\n2. Скорость\n3. Достоверность\n4. Точность вычислений",
"correct_answer": "Точность вычислений",
"correct_option": 4,
"keywords": [
    "масштаб данных",
    "обработка в реальном времени",
    "ошибки измерений",
    "поток данных",
    "размер хранения",
]
```

"форматы данных"

]

},

{

"id": "q3",

"text": "Что такое переобучение в машинном обучении?\n1. Модель слишком проста и недообучена\n2. Модель показывает отличные результаты на обучающих данных, но плохо работает на новых\n3. Модель идеально обобщает данные\n4. Модель использует недостаточно признаков",

"correct_answer": "Модель показывает отличные результаты на обучающих данных, но плохо работает на новых",

"correct_option": 2,

"keywords": [

"архитектурная сложность",

"обобщающая способность",

"обучение на новых данных",

"ошибка на новых данных",

"ошибка на обучающей выборке",

"число параметров"

] }, {

"id": "q4",

"text": "Какой из вариантов лучше всего описывает сверточную нейросеть (CNN)?\n1. Сеть, использующая полносвязные слои\n2. Модель, работающая только с текстами\n3. Сеть, использующая фильтры и свертки для извлечения признаков\n4. Алгоритм случайных лесов",

"correct_answer": "Сеть, использующая фильтры и свертки для извлечения признаков",

"correct_option": 3,

"keywords": [

"архитектура CNN",

"выделение признаков",
"матрицы свёртки",
"обнаружение признаков",
"пространство признаков"

]

}.

Приложение 3

6:35 ④ ⚡ A

Как вы оцениваете ответы студентов по содержательной составляющей ДО введения АОС?

Оценка: 1

Как вы оцениваете ответы студентов по содержательной составляющей ПОСЛЕ введения АОС?

Оценка: 5

Завершить тест

15:09 ④ ⚡ 42 %

← Регистрация

Роль — ППС

Почта — sidorov.s.a@mirea.ru

Пароль — ****

Имя — Станислав

Фамилия — Сидоров

Структурное подразделение — Институт информационных технологий

Должность — Старший преподаватель

Подтвердить

С учетом озвученных условий проведения итоговой аттестации и передач оцените, насколько на передаче будет «легче» в течении семестра можно не прилагать усилий по освоению каждого элемента учебного процесса



Оценка: 4

Как Вы оцениваете возможность получения положительной оценки (зачета) по дисциплине, не изучая пропущенные темы, разделы учебной дисциплины



Оценка: 3

Насколько Вам понятен процесс по выполнению и размещению (отправке на проверку преподавателю) выполненных заданий



Оценка: 5

15:21 ◻ ◻ ◻ 34

Результаты тестов

Всего участников: 1135

0 баллов: 72

1 балл: 612

2 балла: 622

3 балла: 67

4 балла: 610

5 баллов: 608

6 баллов: 3394

7 баллов: 3358

8 баллов: 3279

9 баллов: 3376

10 баллов: 3215

Фамилия	Тест 1	127
Фроло	Тест 1	111
Никиф	Тест 1	116
Никиф	Тест 1	117
Черны	Тест 1	120
Тихом	Тест 1	123
Сычев	Тест 1	118
Солов	Тест 1	118
Круглс	Тест 1	124
Сокол	Тест 1	120

Приложение I

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника ФКОУ ВО
Воронежский институт ФСИН России
по кадрам

полковник внутренней службы,
кандидат технических наук, доцент

А.В. Паринов



АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования Саратовой Татьяны Евгеньевны «Методология создания интеллектуальной системы адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде на основе анализа мультимодальных данных и семантического моделирования контента»

Комиссия в составе председателя – начальника кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну, доктора химических наук, профессора Калача А.В.; членов комиссии: профессора кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну, доктора технических наук, доцента Соловьева А.С. старшего преподавателя кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну Глушкова А.П., настоящим актом подтверждает использование методологии организации эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде в образовательном процессе ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России.

Председатель комиссии:

начальник кафедры безопасности информации
и защиты сведений, составляющих государственную
тайну, доктор химических наук,
профессор

А.В. Калач

Члены комиссии:

профессор кафедры безопасности информации
и защиты сведений, составляющих государственную
тайну, доктор технических наук,
доцент

А.С. Соловьев

старший преподаватель кафедры безопасности информации
и защиты сведений, составляющих государственную
тайну

А.П. Глушкин

Общество с ограниченной ответственностью «ЦЕНТР ИНТЕГРАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ»

ИНН 7714863245 КПП 771401001
Российская Федерация, 123007, г. Москва, Хоромьевское шоссе, 32А



АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования Саратовой Татьяны Евгеньевны «Методология создания интеллектуальной системы адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде на основе анализа мультимодальных данных и семантического моделирования контента»

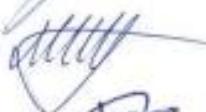
Комиссия в составе председателя – Кожевникова И.С.; членов комиссии: директора по цифровым продуктам Шведова М.Б., технического директора Бексаева Н.С., настоящим актом подтверждает использование результатов диссертации Саратовой Татьяны Евгеньевны для реализации интеллектуальной адаптивной обратной связи при коммуникации сотрудников ООО «Центр интеграции приложений».

Разработанная Саратовой Т.Е. автоматизированная информационная система поддержки принятия решений используется в процессе взаимодействия сотрудников ООО «Центр интеграции приложений».

Председатель комиссии:



И.С. Кожевников



М. Б. Шведов



Н. С. Бексаев

Члены комиссии:

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

РГУ МИРЭА

доктор технических наук, профессор

А.В. Тимошенко



2025 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования

САРАТОВОЙ ТАТЬЯНЫ ЕВГЕНЬЕВНЫ

«Методология создания интеллектуальной системы адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде на основе анализа мультимодальных данных и семантического моделирования контента», выполненного на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы, в образовательную деятельность Института информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Комиссия в составе председателя – директора Института информационных технологий, кандидата технических наук, доцента Зуева А.С.; членов комиссии: заведующего кафедрой математического обеспечения и стандартизации информационных технологий, доктора технических наук, профессора Головина С.А.; заведующего кафедрой инструментального и прикладного программного обеспечения, кандидата технических наук, доцента Болбакова Р.Г.; заведующего кафедрой цифровой трансформации, кандидата экономических наук, доцента Лагуновой А.Д., настоящим актом подтверждает использование результатов диссертации Саратовой Т.Е. в образовательном процессе Института информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Разработанные Саратовой Т.Е. методология организации эффективной обратной связи в цифровой образовательной среде, модифицированная архитектура цифровой образовательной среды, метод интеллектуального анализа и аннотирования информации адаптивной обратной связи для

поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде используются при проведении практических занятий по дисциплинам «Прогнозно-аналитические системы» и «Технологии и инструментарий машинного обучения» профиля «Управление данными» направления подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» и профиля «Анализ данных» направления подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Председатель комиссии:
Директор Института информационных
технологий, кандидат технических наук, доцент


 А.С. Зуев

Члены комиссии:

заведующий кафедрой математического
обеспечения и стандартизации
информационных технологий,
доктор технических наук, профессор



Головин С.А.

заведующий кафедрой инструментального
и прикладного программного обеспечения,
кандидат технических наук, доцент



Болбаков Р.Г.

заведующий кафедрой цифровой
трансформации, кандидат экономических
наук, доцент



Лагунова А.Д.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
[2024669929](#)

Дата регистрации: **22.08.2024**

Номер и дата поступления заявки:
2024667102 24.07.2024

Дата публикации и номер бюллетеня:
22.08.2024 Бюл. № 9

Контактные реквизиты:
a_kalach@mail.ru

Авторы:
**Калач Андрей Владимирович (RU),
Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU),
Акатьев Ярослав Алексеевич (RU)**

Правообладатель:
**федеральное казенное образовательное
учреждение высшего образования «Воронежский
институт ФСИН России» (RU)**

Название программы для ЭВМ:

«Программа для организации хранения данных консультационного взаимодействия пользователей с применением социальной сети»

Реферат:

Программа предназначена для организации хранения данных консультационного взаимодействия пользователей с применением социальной сети. Программа обеспечивает: сохранение данных для оказания консультаций пользователям в социальной сети, поиск ответа на заданный вопрос в произвольном формате, передача данных в социальную сеть. Предусмотрена проверка на корректность вводимых данных. Тип ЭВМ: IBM PC – совмест. ПК; ОС: Windows.

Язык программирования: C#

Объем программы для ЭВМ: 5,5 МБ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства): <u>2025615629</u>	Автор: Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)
Дата регистрации: 06.03.2025	Правообладатель: Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)
Номер и дата поступления заявки: 2025613847 26.02.2025	
Дата публикации и номер бюллетеня: 06.03.2025 Бюл. № 3	
Контактные реквизиты: smoltan@bk.ru	

Название программы для ЭВМ:

Программа анализа результатов применения системы рекомендаций использования МНООЗ в учебном процессе

Реферат:

Программа анализа результатов применения системы рекомендаций использования методологии непрерывной оценки остаточных знаний (МНООЗ) в учебном процессе предназначена для анализа результатов педагогического эксперимента по применению МНООЗ на примере потоковых дисциплин. В программе предусмотрено формирование вопросов по группам: организационные, методические, технические. При формировании результатов опроса произведено разделение базы данных ответов участников на группы: руководство, ППС, обучающиеся. Представленная визуализация результатов опроса позволяет сделать вывод о целесообразности применения системы рекомендаций по применению МНООЗ в учебном процессе на примере потоковых дисциплин высших учебных заведений. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows.

Язык программирования: Python 3.11

Объем программы для ЭВМ: 230 КБ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

<p>Номер регистрации (свидетельства): <u>2025683264</u></p> <p>Дата регистрации: 02.09.2025</p> <p>Номер и дата поступления заявки: 2025669481 30.07.2025</p> <p>Дата публикации и номер бюллетеня: <u>02.09.2025 Бюл. № 9</u></p> <p>Контактные реквизиты: smoltan@bk.ru</p>	<p>Автор: Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)</p> <p>Правообладатель: Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)</p>
--	---

Название программы для ЭВМ:

Автоматизированная информационная система поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде

Реферат:

В программе реализован механизм адаптации персонализированных информационно-образовательных маршрутов на основе адаптивной обратной связи. В программе предусмотрено формирование вопросов по уровням с сохранением вопросов и вариантов ответов в базе данных. При формировании результатов взаимодействия реализован модуль интеллектуальной обработки ответов для адаптивного взаимодействия участников. Пример принятия решений осуществляется при многоформатном цифровом оценивании в учебном процессе в условиях потокового обучения высших учебных заведений. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows.

Язык программирования: Python 3.11

Объем программы для ЭВМ: 612 МБ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства): <u>2025687874</u>	Автор: Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)
Дата регистрации: 15.10.2025	Правообладатель: Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)
Номер и дата поступления заявки: 2025686349 29.09.2025	
Дата публикации и номер бюллетеня: <u>15.10.2025 Бюл. № 10</u>	
Контактные реквизиты: smoltan@bk.ru	

Название программы для ЭВМ:

Программа анализа результатов применения онтологической модели информационных потоков в цифровой образовательной среде

Реферат:

Программа анализа результатов применения онтологической модели информационных потоков в цифровой образовательной среде в образовательном процессе предназначена для анализа результатов взаимодействия и принятия решений субъектами цифровой образовательной среды. В программе предусмотрена модульная структура для сопровождения образовательного процесса с оценкой результатов взаимодействия. Представлена визуализация результатов взаимодействия субъектов цифровой среды с реализацией сохранения отчетов в программе. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows.

Язык программирования: Python

Объем программы для ЭВМ: 137 Кб

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ****(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):

[2025687511](#)Дата регистрации: **10.10.2025**

Номер и дата поступления заявки:

2025686038 29.09.2025

Дата публикации и номер бюллетеня:

[10.10.2025 Бюл. № 10](#)

Контактные реквизиты:

smoltan@bk.ru, docfr10@yandex.ru

Авторы:

Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU),**Приходько Никита Алексеевич (RU)**

Правообладатель:

Смоленцева Татьяна Евгеньевна (RU)

Название программы для ЭВМ:

Программа анализа результатов взаимодействия субъектов в цифровой образовательной среде**Реферат:**

Программа предназначена для анализа результатов изучения учебных элементов с их оценкой категориальной пары «преподаватель – студент». В программе предусмотрен функционал с распределением по ролям и сохранение результатов взаимодействия рассматриваемой категориальной пары. Предусмотрено распределение сохранения отчетов в зависимости от дисциплины и роли субъекта цифровой образовательной среды. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows.

Язык программирования: Python 3.11**Объем программы для ЭВМ:** 121 КБ