

УДК 004.04

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.50.3.044](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.50.3.044)

Метод интеллектуального анализа информации адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде

Т.Е. Смоленцева✉

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация

Резюме. В условиях цифровизации образования фактором повышения эффективности учебного процесса становится развитие механизмов адаптивной обратной связи в условиях многопоточности, обеспечивающих персонализацию взаимодействия участников образовательного процесса. Анализ существующих подходов и инструментов персонализации учебных маршрутов в условиях многопоточности на примере дисциплин вузов позволил сформулировать проблему исследования, заключающуюся в недостаточной автоматизации сопровождения учебного процесса в условиях многопоточности. Целью статьи является описание разработки метода интеллектуального анализа информации с семантической обработкой текста при реализации адаптивной обратной связи участников цифровой образовательной среды. Научная новизна исследования состоит в разработке подхода интеллектуальной обработки ответов в свободной форме, что обеспечивает повышение эффективности образовательного процесса в цифровой образовательной среде. Рассмотрена реализация этапов метода интеллектуальной обработки информации в обратной связи с многоформатным цифровым оцениванием. К основным этапам метода относятся: подготовка данных, лингвистическая предобработка, семантическое сопоставление, обучение модели, генерация обратной связи и анализ результатов взаимодействия участников образовательного процесса. В заключении приведен анализ результатов применения рассматриваемого в работе метода в учебном процессе на примере потоковых дисциплин вуза.

Ключевые слова: цифровая образовательная среда, адаптивная обратная связь, обработка естественного языка, система дистанционного обучения, токенизация, метрики оценки.

Для цитирования: Смоленцева Т.Е. Метод интеллектуального анализа информации адаптивной обратной связи в цифровой образовательной среде. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2033> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.50.3.044

Method of intelligent analysis of adaptive feedback information in a digital educational environment

T.E. Smolentseva✉

MIREA – Russian Technological University, Moscow, the Russian Federation

Abstract. In the context of digitalization of education, the development of adaptive feedback mechanisms in the context of multithreading, which ensure the personalization of the interaction of participants in the educational process, is becoming a factor in increasing the effectiveness of the educational process. The analysis of existing approaches and tools for personalizing learning routes in multithreading conditions using the example of university disciplines allowed us to formulate the research problem of insufficient automation of the educational process in conditions of multithreading. The purpose of the article is to describe the development of a method for intelligent analysis of information with semantic text processing in the implementation of adaptive feedback of participants in a digital educational environment. The scientific novelty of the study consists in the development of an approach to intelligent processing of answers in free form, which ensures an increase in the efficiency of the educational process in a digital educational environment. The implementation of the stages of the

intelligent information processing method in feedback with a multi-format digital assessment is considered. The main stages of the method include: data preparation, linguistic preprocessing, semantic comparison, model training, feedback generation, and analysis of the results of interaction between participants in the educational process. In conclusion, the analysis of the results of the application of the method considered in the work in the educational process is given on the example of streaming university disciplines.

Keywords: digital educational environment, adaptive feedback, natural language processing, distance learning system, tokenization, assessment metrics.

For citation: Smolentseva T.E. Method of intelligent analysis of adaptive feedback information in a digital educational environment. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(3). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2033> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.50.3.044

Введение

Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности в области обработки естественного языка (NLP), открывает новые перспективы для автоматизации оценивания знаний в форме заданий с ответами в свободной форме. В условиях многопоточности и цифровизации рассматриваемое направление применения технологий ИИ особо актуально [1, 2].

Цифровая трансформация системы образования сопровождается увеличением объема поступающей информации, включая как структурированные данные, так и неструктурированные. Особую роль в этом потоке занимает обратная связь при реализации учебного процесса.

Функциональные возможности различных форм тестирования, охватывающие не только стандартизированные и унифицированные методы оценивания, но и многоформатное цифровое оценивание позволят в полной мере осуществить реализацию адаптивной обратной связи. Для обеспечения адаптивности образовательного процесса необходимо учитывать контекст при интерпретации обратной связи. В условиях многопоточности учебного процесса реализация такой интерпретации в ручном режиме становится практически невозможной, что обуславливает потребность в применении методов интеллектуального анализа данных.

Особенно актуальна проблема недостаточной автоматизации сопровождения учебного процесса в условиях многопоточности. В частности, сложности прослеживаются на всех этапах – от подготовительных этапов при формировании заданий до системной аналитики результатов оценивания по компонентам дисциплины. Учитывая масштабность учебных потоков, количество академических групп и вовлеченных преподавателей, дефицит автоматизации порождает риски перегрузки участников образовательного процесса [3, 4].

Целью статьи является описание этапов разработки метода интеллектуального анализа информации, включающего автоматизацию семантического анализа текста при реализации адаптивной обратной связи с дополненными компонентами взаимодействия участников в цифровой образовательной среде (ЦОС).

Научная новизна исследования состоит в разработке и внедрении подхода, основанного на интеграции интеллектуального метода обработки ответов в свободной форме с алгоритмом адаптивной обратной связи в условиях цифровизации и многопоточности образовательного процесса, что обеспечивает глубокий анализ результатов и повышение эффективности образовательного процесса.

Материалы и методы

Методологической основой алгоритма обратной связи с обработкой ответов в свободной форме при многоформатном оценивании служат методы обработки естественного языка (NLP), алгоритмы машинного обучения. Многоформатное цифровое оценивание рассматривается в качестве расширенного вида тестирования, при котором используются разнообразные типы заданий, включая автоматизированную проверку ответов в свободной форме. В свою очередь под адаптивной обратной связью понимаем последовательный, технологически реализуемый инструмент персонализированной оценки с оперативной коррекцией образовательной траектории на основе динамической обработки данных в ЦОС.

Реализация методов интеллектуальной обработки информации осуществляется в модифицированной архитектуре ЦОС. Для реализации адаптивной обратной связи модифицированная архитектура ЦОС дополнена компонентами взаимодействия участников образовательного процесса.

Входным набором данных для апробации метода интеллектуального анализа информации при реализации адаптивной обратной связи послужили материалы потоковой дисциплины «Большие данные» (БД), реализуемой в ЦОС в течение одного семестра. В исследовании приняли участие 2165 студентов и 33 преподавателя. Было собрано и проанализировано более 2000 ответов в свободной форме.

Результаты

Основные этапы метода интеллектуальной обработки информации при реализации обратной связи с многоформатным цифровым оцениванием можно представить следующим образом:

1. Подготовка данных. Сбор данных по разделам потоковой дисциплины с разметкой эталонных ответов.
2. Лингвистическая предобработка для реализации многоформатного цифрового оценивания.
3. Семантическое сопоставление. Выбор архитектур и разработка алгоритмов обработки естественного языка.
4. Обучение модели. Решение задачи классификации для реализации адаптивной обратной связи.
5. Генерация обратной связи. Автоматизация обратной связи в модифицированной архитектуре ЦОС.
6. Анализ результатов взаимодействия участников образовательного процесса с применением метода интеллектуального анализа информации адаптивной обратной связи в ЦОС.

Рассмотрим детализацию указанных этапов. На этапе подготовки данных вопросы группируются по тематическим разделам с учетом различных форматов данных. При завершении оценивания по элементам результаты анализируются с помощью алгоритмов ИИ с агрегацией ответов и затраченного времени на выполнение заданий. Для определения уровней освоения осуществляется фильтрация как индивидуально, так и по группе или потоку в модуле анализа производительности ИИ [5].

Схему алгоритма адаптивной обратной связи можно представить следующим образом (Рисунок 1) [5].

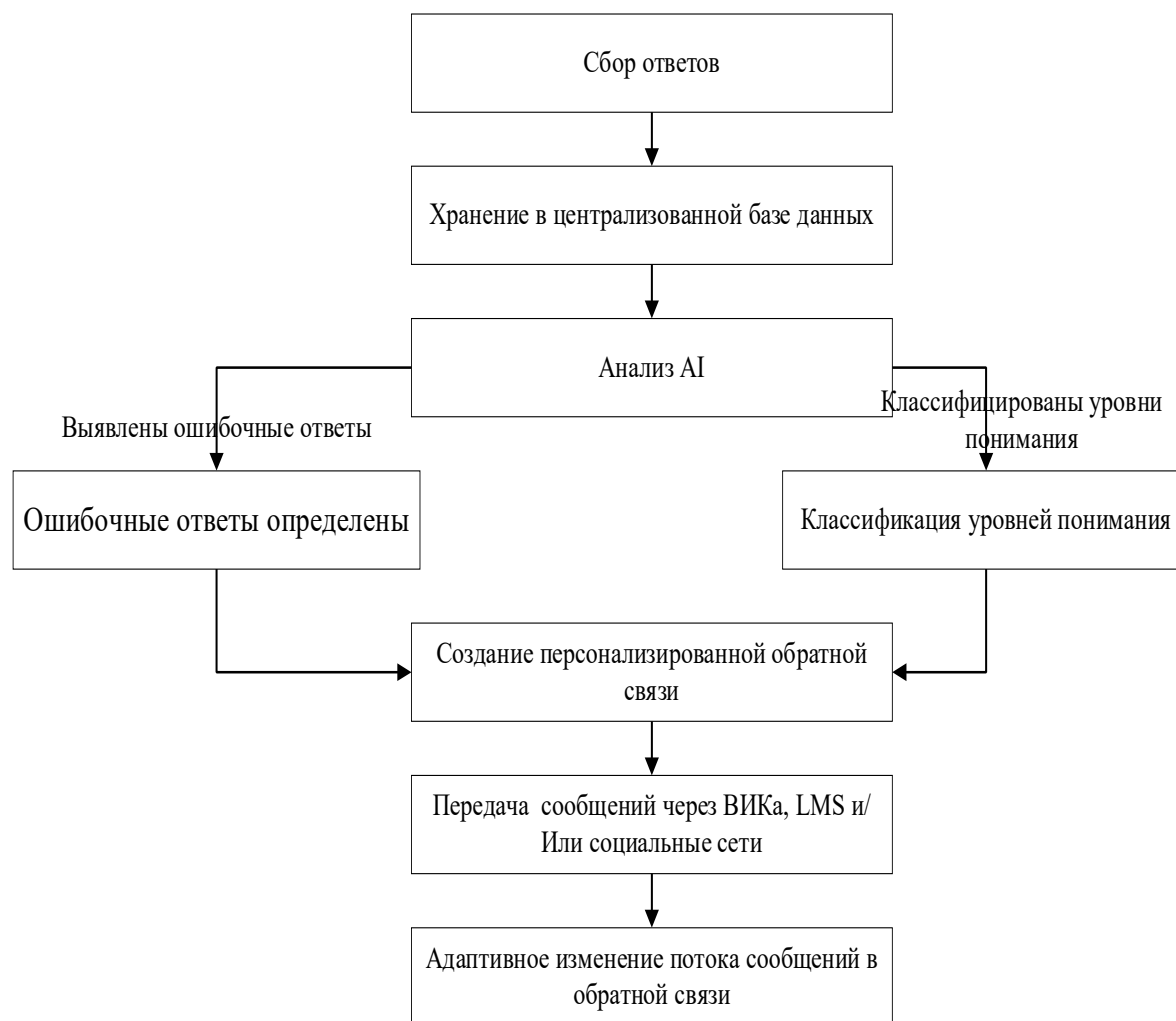


Рисунок 1 – Схема работы алгоритма адаптивной обратной связи
Figure 1 – Scheme of the adaptive feedback algorithm operation

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.

Архитектура ЦОС с встроенными элементами для реализации адаптивной обратной связи рассматривалась автором в других исследованиях [6]. 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, организуется канал коммуникации через встроенные компоненты в архитектуру ЦОС (социальные сети, образовательные платформы, мессенджеры), что позволяет преподавателю своевременно актуализировать содержание и структуру учебного курса.

Результаты обращений, связанных с необходимостью получения обратной связи представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Фрагмент выгрузки результатов запроса обратной связи
Table 1 – Fragment of unloading the results of a feedback request

ID Студента	Вопрос 1	Вопрос 2	Время на Ответ (B1)	Время на Ответ (B2)	Запрос Обратной Связи (Д/Н)
001	Верно	Неверно	50 сек	35 сек	Д
002	Неверно	Верно	40 сек	30 сек	Н
003	Верно	Верно	35 сек	25 сек	Н

На Рисунке 2 приведён пример результатов по одному элементу из дисциплины БД. 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 3 приведен фрагмент состава учебных групп рассматриваемой дисциплины.

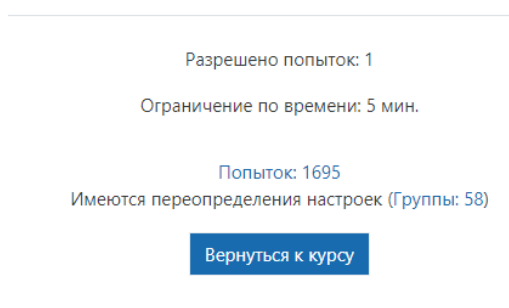


Рисунок 2 – Фрагмент результатов по одному учебному элементу с числом групп и попыток
Figure 2 – A fragment of the results for one training element with the number of groups and attempts

Мероприятие реестра, норма времени	П	В	Пл. 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-06-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	26	ЗАЧ	БББО-07-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БББО-08-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	28	ЗАЧ	БББО-09-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	26	ЗАЧ	БББО-10-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	27	ЗАЧ	БББО-11-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	19	ЗАЧ	БББО-12-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	15	ЗАЧ	БББО-13-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	33	ЗАЧ	БББО-14-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	32	ЗАЧ	БББО-15-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	34	ЗАЧ	БББО-16-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	27	ЗАЧ	БББО-17-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	30	ЗАЧ	БББО-18-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	23	ЗАЧ	БББО-19-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	27	ЗАЧ	БББО-20-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БББО-21-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	24	ЗАЧ	БББО-22-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БББО-23-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БББО-24-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	28	ЗАЧ	БББО-25-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	25	ЗАЧ	БББО-26-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	18	ЗАЧ	БББО-27-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	33	ЗАЧ	БББО-28-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	32	ЗАЧ	БББО-29-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БББО-30-22
Большие данные (2 з.е., 72 ч., 1/1, Д № 78082)	29	ЗАЧ	БББО-31-22

Рисунок 3 – Фрагмент учебных групп дисциплины БД
Figure 3 – Fragment of study groups of the discipline BD

На Рисунке 4 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 дистанционного обучения (СДО) собирает большинство необходимой информации: индивидуальная информация, затраченное время, оценки за каждый вопрос [7].

На данном этапе анализ от ИИ не требуется, так как результаты ответов уже зафиксированы, однако система тестов может быть куда более гибкой если у студентов 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 сегодняшний день в СДО отсутствует возможность анализа информации одновременно с разных факультетов и профилей. Текущий вариант тестов также не предполагает ответов в свободной форме, в связи с чем рассматриваемый в исследовании метод реализует описанные функции.

На текущий момент можно ограничиться бинарной классификацией студентов на «успевающих» и «не успевающих». Для этого проведём анализ по результатам тестов как признакам класса, целевой переменной будет успевающий студент или нет.

	Тест		Затраченное		В. 1	В. 2	В. 3	В. 4	В. 5
	Состояние	начат	Завершено	время	Оценка/2,50	/0,50	/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	✓ 0,50
Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:24	5 мин.	2,33	✓ 0,50	✓ 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	☑ 0,33
Завершены	9 Февраль 2024 10:19	9 Февраль 2024 10:24	5 мин.	1,63	☑ 0,25	☑ 0,38	✓ 0,50	✓ 0,50	✗ 0,00
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	✓ 0,50

Рисунок 4 – Сводная информация о результатах тестирования
Figure 4 – Summary of test results

На Рисунке 5 представлен фрагмент набора данных из СДО, по которому осуществляется 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	1	0	0.33	0	0.66	0.66	0.66	0	2
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	1	0.66	0	0.66	0.66	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	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	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	0	1	0.33	1	5

Рисунок 5 – Фрагмент результатов в форме модифицированного цифрового оценивания
Figure 5 – A fragment of the results in the form of a modified digital assessment

Рассмотрим набор результатов около четырёх тысяч студентов за один семестр. Собраны их баллы за ответы на вопросы, проводимые на этапах текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

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 считалось листом – 1 [8, 9]. Данные параметры показали следующие результаты (Таблица 2):

Таблица 2 – Метрики обученной модели
Table 2 – Trained model metrics

Index	Precision	Recall	F1
0	0,83	0,99	0,91
1	0,97	0,43	0,59

Для обработки ответов в свободной форме, являющихся частью многоформатного цифрового оценивания, используем предобученную модель GPT2 и обучим её на наших данных [10, 11]. На Рисунке 6 представлена архитектура GPT2, в Таблице 3 приведён пример набора данных, состоящих из 3 уникальных вопросов из дисциплины БД, на которые ответили более четырёх тысяч студентов.

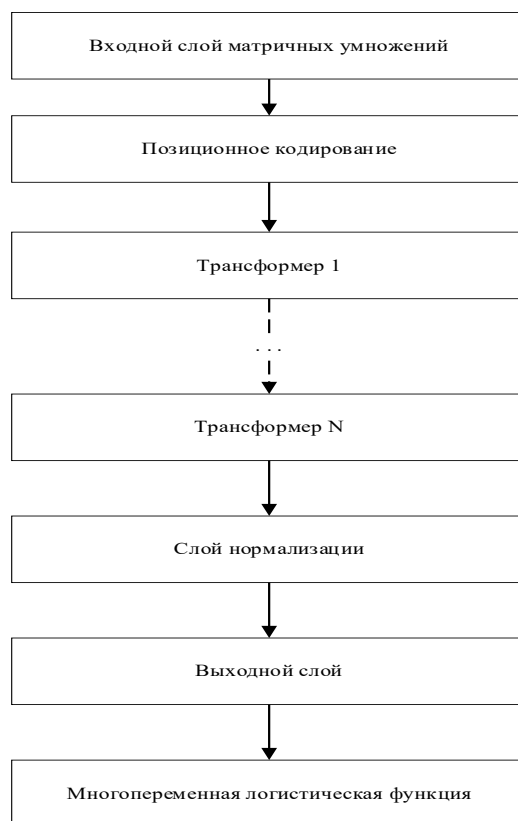


Рисунок 6 – Архитектура GPT2

Figure 6 – GPT2 architecture

Таблица 3 – Пример набора данных из уникальных вопросов

Table 3 – Example dataset of unique questions

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
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 превышает 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 из Таблицы 3 GPT2 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 7 представлен график функции потерь.

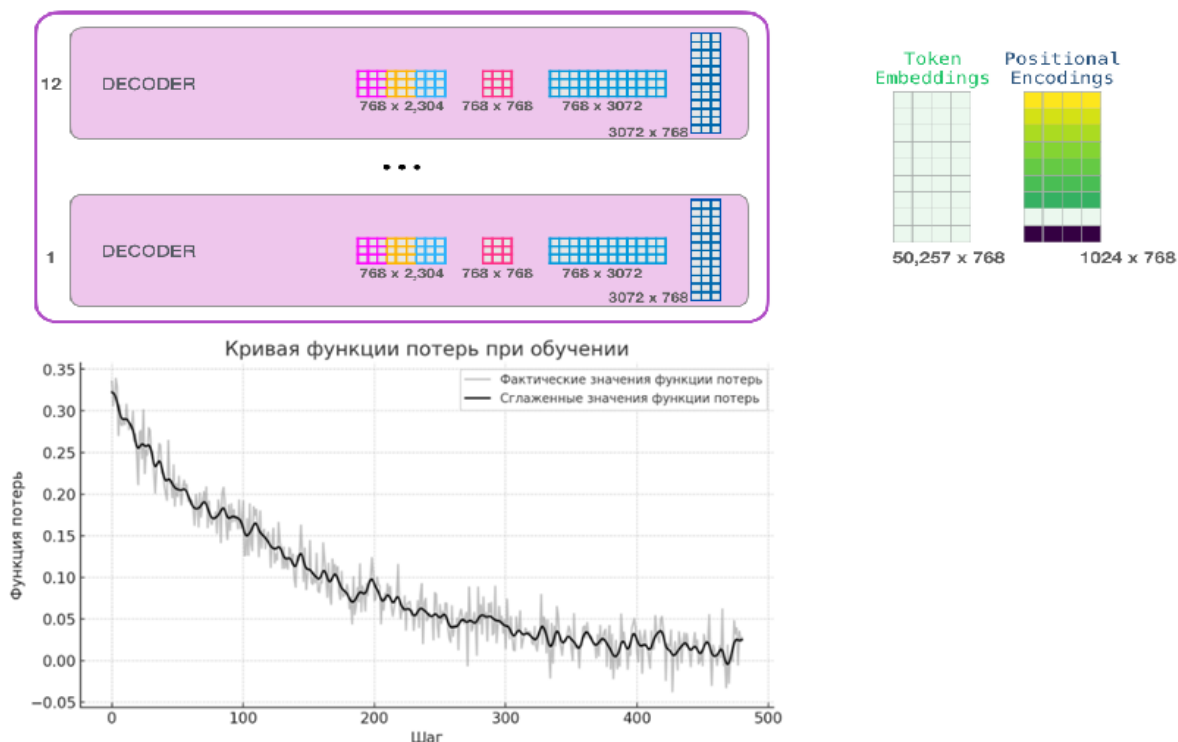


Рисунок 7 – Пример данных для обучения GPT2
Figure 7 – Example data for GPT2 training

Полученные результаты говорят о высокой точности и надёжности моделей.

После завершения тестирования результаты собираются и анализируются с помощью алгоритмов ИИ, включающие агрегирование ответов студентов с последующей классификацией в зависимости от результатов проверки полученных ответов [5].

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 токенизации, такой подход позволяет снизить затраты вычислительных мощностей. Токенизированные данные сохраняются в бинарные файлы откуда потом загружаются для обучения модели.

– Обучение Модели: предобработанные данные используются для обучения модели.

– Анализ Метрик: оценивается точность работы модели с помощью метрики F1-меры на валидационной выборке.

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

1. Единый банк тестовых заданий предоставляет основу для вариативного и уровневого оценивания.

2. Технологии ИИ интерпретируют результаты ответов студентов и индивидуальные траектории.

3. Обратная связь осуществляется через LMS, социальные сети и ВИКа.

Фрагмент взаимодействия участников образовательного процесса в ВИКа, являющегося элементом ЦОС для реализации обратной связи представлен на рисунке 8.

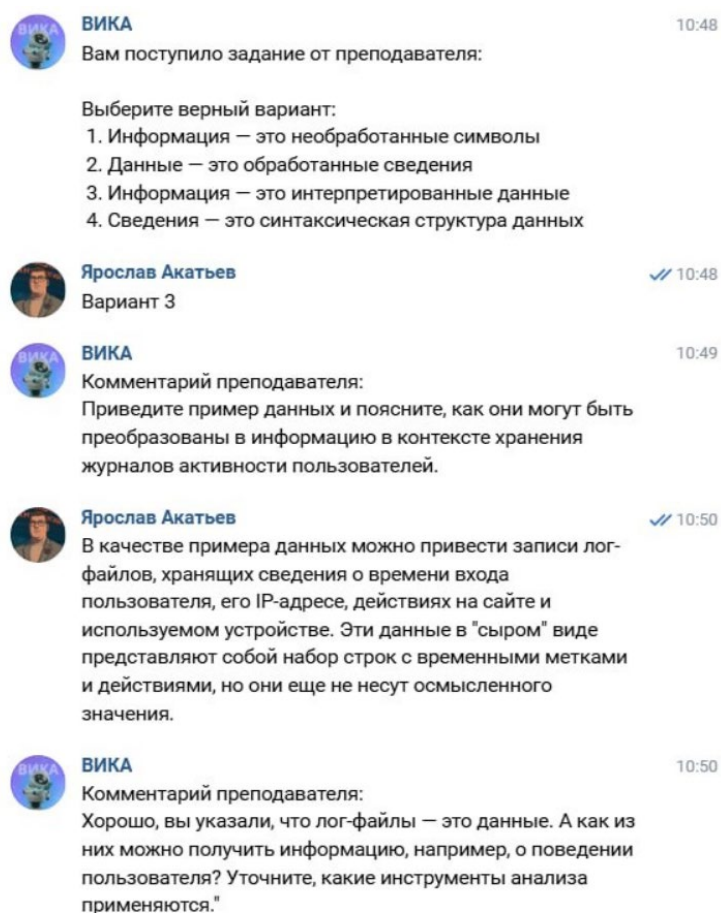


Рисунок 8 – Фрагмент взаимодействия в ВИКа
Figure 8 – A fragment of interaction in the WIKi

Рассматриваемый в статье метод интеллектуального анализа информации в образовательной среде содержит несколько ключевых компонентов [5]:

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

Требования к реализации метода:

– Пользовательский интерфейс (UI): простой и доступный пользовательский интерфейс для участников образовательного процесса. Для студентов он должен наглядно отображать тесты и своевременно и без сбоев записывать ответы. Для преподавателей должен предоставлять функциональные возможности для создания и изменения тестов, а также для просмотра агрегированных результатов.

– В платформе СДО реализована интеграция с LMS: платформа должна легко интегрироваться с существующей LMS, чтобы использовать данные о студентах и материалы курса, а также обеспечить автоматическое развертывание тестов на основе расписания лекций.

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 искусственного интеллекта и машинного обучения.
- База данных: MongoDB или PostgreSQL либо другая база данных для хранения тестовых вопросов, ответов студентов и результатов анализа.
- Операции искусственного интеллекта / машинного обучения: TensorFlow или PyTorch для разработки моделей машинного обучения и scikit-learn для предварительной обработки и анализа данных.

Для обучения модели 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.

Фрагмент выгрузки результатов работы метода представлен на Рисунке 9.

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.		Incorrect	
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 9 – Фрагмент выгрузки результатов ответов студентов
Figure 9 – Fragment of the unloading of the results of students' answers

На Рисунке 10 представлен фрагмент выгрузки результатов прохождения элемента учебного курса студентом. Пример выгруженных данных является входным набором в адаптивной обратной связи для выявления затруднений по блокам вопросов. Обработка ИИ осуществляется по стандартным метрикам оценки, таким как функция ошибки с указанием числа эпох обучения.

```
{'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 10 – Результат обучения модели ответов в свободной форме
Figure 10 – Result of training the free-form response model

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают возможность применения в образовательном процессе предложенного метода интеллектуального анализа информации в ЦОС, что позволяет реализовать адаптивную обратную связь и сократить нагрузку на преподавателя в условиях потокового обучения.

Таким образом, решением заявленной в статье проблемы, связанной с отсутствием возможности автоматизированной реализации обратной связи с построением персонализированного маршрута в ЦОС является интеграция метода интеллектуального анализа информации при автоматизации проверки ответов в свободной форме и адаптивной обратной связи.

Заключение

Предложенный метод интеллектуального анализа информации адаптивной обратной связи в ЦОС обеспечивает комплексное решение задачи обработки неструктурированных данных в ЦОС. Предложенные элементы, встраиваемые в архитектуру ЦОС позволяют реализовать обратную связь на примере учебного процесса вузов в условиях многопоточности и цифровизации. Метод интеллектуального анализа информации включает как дополненные элементы модифицированной архитектуры ЦОС, так и структуру, описывающую этапы, инструментарий и технические требования для реализации обратной связи с учетом персонализированного подхода. Реализация обратной связи позволит повысить качество персонализированных рекомендаций, сократить временные и вычислительные ресурсы при обработке больших массивов данных в условиях многопоточности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Лукин В.Н., Чернышов Л.Н. Проблемы подготовки студентов в области информационных технологий: контроль качества. *Образовательные технологии*. 2022;(3):84–95.
2. Шматко А.Д., Чабаненко А.В., Степашкина А.С. Внедрение аддитивных технологий и технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс. В сборнике: *Актуальные проблемы труда и развития человеческого потенциала: вузовско-академический сборник научных трудов: Выпуск 4 (21)*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет; 2021. С. 15–24.
3. Баженова И.В., Клунникова М.М., Пак Н.И. Интеллектуальная модель оценки уровня расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления обучающихся. *Информатика и образование*. 2022;37(4):71–79. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2022-37-4-71-79>
Bazhenova I.V., Klunnikova M.M., Pak N.I. An Intelligent Model to Assess the Level of

- the Computational Algorithmic Component of Students' Computational Thinking. *Informatics and Education*. 2022;37(4):71–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2022-37-4-71-79>
4. Цибизова Е.Б. Образовательная программа организации дополнительного образования: назначение, содержание, проблемы разработки. *Образовательные технологии*. 2022;(3):25–33.
 5. Смоленцева Т.Е. Технология непрерывной оценки остаточных знаний на примере потоковых дисциплин высших учебных заведений. *Современные наукоемкие технологии*. 2025;(1):158–165. <https://doi.org/10.17513/snt.40292>
Smolentseva T.E. Technology of Continuous Assessment of Residual Knowledge on the Example of Stream Disciplines of Higher Educational Institutions. *Modern High Technologies*. 2025;(1):158–165. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/snt.40292>
 6. Смоленцева Т.Е. Анализ структурных элементов цифровой образовательной среды. *Безопасность. Управление. Искусственный интеллект*. 2024;4(4):8–11.
Smolentseva T.E. Analysing the Structural Elements of a Digital Learning Environment. *Bezopasnost'. Upravlenie. Iskusstvennyi intellekt*. 2024;4(4):8–11. (In Russ.).
 7. Нечай Е.Е., Синенко А.А. Коммуникация студентов и преподавателей в виртуальном пространстве: вопросы приоритетов. *Образовательные технологии*. 2022;(3):3–7.
 8. Яновская О.А., Кыдырмина Н.А. Архитектура цифровых технологий в образовании. *Education. Quality Assurance*. 2021;(4):33–39.
Yanovskaya O.A., Kydyrmina N.A. Architecture of Digital Technologies in Education. *Education. Quality Assurance*. 2021;(4):33–39.
 9. Давлатзода С.Х. Цифровизация университета как средство интеграции в мировое образовательное пространство. *Education. Quality Assurance*. 2022;(3):27–30. https://doi.org/10.58319/26170493_2022_3_27
Davlatzoda S.Kh. Digitalization of the University as a Means of Integration into the World Educational Space. *Education. Quality Assurance*. 2022;(3):27–30. (In Russ.). https://doi.org/10.58319/26170493_2022_3_27
 10. Козловский А.В., Мельник Я.Э., Волощук В.И. О подходе для автоматической генерации сюжетно связанного текста. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2022;(9):160–167.
Kozlovsky A.V., Melnik Ya.E., Voloshchuk V.I. On the Approach for Automatic Generation of Narrative-Linked Text. *News of the Tula State University. Technical Sciences*. 2022;(9):160–167. (In Russ.).
 11. Высоцкая И.А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем. *Моделирование систем и процессов*. 2024;17(1):19–26. <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26>
Vysotskaya I. Justification of Information and Intellectual Support for the Principles of Operation of Technical Systems. *Modeling of Systems and Processes*. 2024;17(1):19–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Смоленцева Татьяна Евгеньевна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики Института информационных технологий, МИРЭА – Российский технологический университет. Москва, Российская Федерация.
e-mail: smolenceva@mirea.ru
ORCID: [0000-0003-4810-8734](https://orcid.org/0000-0003-4810-8734)

Tatiana E. Smolentseva, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Department of Applied Mathematics, Institute of Information Technologies, MIREA – Russian Technological University. Moscow, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 20.07.2025; одобрена после рецензирования 19.08.2025;
принята к публикации 03.09.2025.*

*The article was submitted 20.07.2025; approved after reviewing 19.08.2025;
accepted for publication 03.09.2025.*