

УДК 004.04

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.51.4.007](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.51.4.007)

Онтологическая модель информационных потоков в цифровой образовательной среде

Т.Е. Смоленцева 

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация

Резюме. Цифровизация образования обуславливает необходимость формализованного представления и системной организации информационных потоков, обеспечивающих эффективное взаимодействие участников образовательного процесса в цифровой образовательной среде (ЦОС). Целью исследования является моделирование информационных потоков на основе онтологического представления взаимодействия лица, принимающего решение (ЛПР), и обратной связи. Разработана онтологическая модель, отражающая ключевые классы, экземпляры с идентификацией отношений между ними и семантикой информационных потоков, циркулирующих между компонентами ЦОС. В статье приведена декомпозиция экземпляра класса «алгоритм адаптивной обратной связи» онтологической модели информационных потоков. Цифровые инструменты работают в едином контуре образовательной среды, реализуя непрерывный цикл оценки, анализа, обратной связи и коррекции. Экземпляр класса онтологической модели «единый банк тестовых заданий», включающий технологии искусственного интеллекта для реализации автоматизированной проверки ответов в свободной форме в условиях потокового обучения, позволяет осуществлять вариативное и уровневое оценивание. К инструментам реализации обратной связи относятся LMS, социальные сети и виртуальный информационно-коммуникационный ассистент. Взаимосвязь инструментов, дополненных в ЦОС показана в онтологической модели при описании информационных потоков связи «ЛПР – обратная связь». Применение рассмотренной в статье модели позволит структурировать и унифицировать описание образовательных процессов с автоматизацией анализа цифрового следа. В заключении приведены выводы с декомпозицией онтологической модели на примере процесса оценивания знаний в условиях цифровизации и многопоточности с идентификацией отношений в форме пререквизитов экземпляров классов онтологической модели.

Ключевые слова: онтология, цифровая образовательная среда, система дистанционного обучения, информационные потоки, образовательные технологии, экземпляры классов.

Для цитирования: Смоленцева Т.Е. Онтологическая модель информационных потоков в цифровой образовательной среде. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2025;13(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2029> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.007

Ontological model of information flows in a digital educational environment

T.E. Smolentseva 

MIREA – Russian Technological University, Moscow, the Russian Federation

Abstract. Digitalization of education necessitates a formalized representation and systematic organization of information flows that ensure effective interaction of participants in the educational process in the digital educational environment (DEE). The aim of the study is to model information flows based on an ontological representation of the interaction of a decision maker (DM) and feedback. An ontological model has been developed that reflects key classes, instances with the identification of relationships between them and the semantics of information flows circulating between the DEE components. The article presents a decomposition of an instance of the "adaptive feedback algorithm"

class of the ontological model of information flows. Digital tools operate in a single circuit of the educational environment, implementing a continuous cycle of assessment, analysis, feedback and correction. An instance of the "unified test question bank" class of the ontological model, including artificial intelligence technologies for the implementation of automated verification of free-form answers in the conditions of streaming learning, allows for variable and level assessment. Feedback implementation tools include LMS, social networks and a virtual information and communication assistant. The relationship of the tools supplemented in the DEE is shown in the ontological model when describing the information flows of the "DM – feedback" connection. The application of the model considered in the article will allow structuring and unifying the description of educational processes with the automation of the digital footprint analysis. The conclusion provides findings with the decomposition of the ontological model using the example of the knowledge assessment process in the context of digitalization and multithreading with the identification of relations in the form of prerequisites of instances of classes of the ontological model.

Keywords: ontology, digital educational environment, distance learning system, information flows, educational technologies, class instances.

For citation: Smolentseva T.E. Ontological model of information flows in a digital educational environment. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(4). (In Russ.). 2025;13(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2029> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.007

Введение

Современные трансформации высшего образования, обусловленные процессами цифровизации и переходом к компетентностной модели обучения приводят к существенным изменениям в организации учебного процесса. Цифровизация образования обуславливает необходимость формализованного представления и системной организации информационных потоков, обеспечивающих эффективное взаимодействие участников образовательного процесса в цифровой образовательной среде (ЦОС).

На сегодняшний день реализуется Федеральный проект «Цифровая образовательная среда», целью которого является формирование современной и доступной цифровой инфраструктуры, обеспечивающей высокое качество и гибкость образовательного процесса, с расширением возможностей по индивидуализации и цифрового взаимодействия участников образовательного процесса [1]. В работе [2] проанализированы преимущества цифровой образовательной среды и вопросы непрерывного совершенствования системы образования, направленной на повышение качества образовательных услуг, реализуемых образовательными учреждениями.

Неоднозначно исследователи оценивают влияние цифрового общества на обучающихся [3, 4]. С учетом анализа работ, посвященных применению ЦОС, по мнению автора, указанную среду стоит рассматривать не фрагментарно в качестве инструмента в учебном процессе, а как элемент образовательного процесса.

Анализ онтологических моделей в исследуемой области показал, что актуальными направлениями являются: описание потоков и маршрутов на уровне бизнес-процессов с типизацией сообщений; представление в виде потоковых графов, где фиксируется влияние входных данных на выходные результаты, с выделением классов зависимостей решений. Типовыми сценариями выступают выбор и оптимизация действий в системах поддержки принятия решений. Кроме того, встречаются подходы, в которых информационные потоки описываются как маршрутизация по рубрикам с привязкой аннотаций к словарям и нормализацией терминов и меток.

Таким образом, исследования в области онтологического представления информационных потоков являются актуальными. Однако необходимо отметить, что в существующих работах отсутствует разработка моделей, отражающих замкнутый цикл

ЦОС с учетом информационных потоков в интересах принятия решений субъектами образовательного процесса.

Формализация информационных потоков лиц, принимающих решения, и механизмов обратной связи в ЦОС позволит обеспечить получение, преобразование, интерпретацию, хранение, передачу и использование информации участниками образовательного процесса. Эффективная организация рассматриваемого процесса создаст условия для реализации индивидуальных образовательных траекторий и адаптивной обратной связи.

Формализуя вышеописанное, можно сформулировать цель исследования, заключающуюся в моделировании информационных потоков на основе онтологического представления взаимодействия ЛПР и обратной связи.

Для достижения поставленной цели исследования сформулированы следующие задачи:

1. Выявить основные сущности и связи, описывающие информационные потоки ЛПР и обратной связи в ЦОС.
2. Описать онтологическую структуру с компонентами ЦОС.
3. Разработать декомпозицию процесса оценивания знаний в ЦОС.
4. Проанализировать результаты описания пререквизитов классов с экземплярами класса ЦОС.

Научная значимость исследования заключается в разработке онтологической модели информационных потоков в ЦОС, отражающей структурно-функциональные характеристики взаимодействия участников образовательного процесса, и служит основой организации эффективной и адаптивной обратной связи в условиях многопоточности и цифровизации.

Материалы и методы

В качестве источников эмпирических данных и контекстуальной информации использовались:

- контент анализ LMS-данных;
- объекты образовательной среды;
- онтологические корпуса и таксономии;
- семантические технологии и среды.

Для моделирования применяли метод формальной онтологической инженерии. Иерархию классов определяли на основе анализа образовательных сценариев. Семантический анализ использовали для выделения базовых сущностей.

Результаты

Разрабатываемая в статье онтологическая модель включает следующие этапы:

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

Семантическую структуру онтологической модели можно описать в табличном виде (Таблица 1).

Таблица 1 – Семантическая структура онтологической модели
Table 1 – Semantic structure of the ontological model

Класс	Подклассы/ Экземпляры класса	Связанные классы	Отношения	Дополненные компоненты ЦОС
Информационный процесс	Доставка контента, процесс оценивания, обратная связь, взаимодействие участников	Учебный ресурс, участник процесса, инструмент взаимодействия	Иницирует, использует инструмент	ВИКа, социальная сеть
Участник процесса	Студент, преподаватель, руководство, администратор	Информационный процесс	Взаимодействует	Рабочая область дисциплины в СДО
Инструмент взаимодействия	LMS, чаты (форумы), тестовые модули	Информационный процесс, участник процесса	Авторизуется	Рабочая область дисциплины в СДО, ТИИ
Учебный ресурс	СДО, электронные материалы, банк тестовых заданий	Участник процесса, инструмент взаимодействия	Обращается к ресурсу, содержится	Рабочие области дисциплины в СДО
Цифровой след	Продолжительность, временная метка, тип действия	Информационный процесс, участник процесса	Порождает цифровой след	Выгрузка отчетов из рабочих областей с функционалом участников по доступу к информации

В представленном описании классов модели и отношений присутствуют компоненты: ЦОС, система дистанционного обучения (СДО), единый банк тестовых заданий (ЕБТЗ), многоформатное цифровое оценивание, технологии искусственного интеллекта, для проверки ответов в свободной форме, ВИКа (виртуальный информационно-коммуникационный ассистент), социальные сети [5, 6].

Информационные потоки, адресованные ЛПР, включают агрегированные данные об активности, промежуточных этапов учебных элементов, результатов обучающихся, аналитические сводки с результатами промежуточного и итогового тестирования. 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: студент – преподаватель).
3. Результаты промежуточного (итогового) оценивания каждого элемента учебного курса (автоматизированная проверка ответов в свободной форме, т. е. многоформатное 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 (ЛПР – обратная связь) в ЦОС реализована онтологическая модель (Рисунок 1).

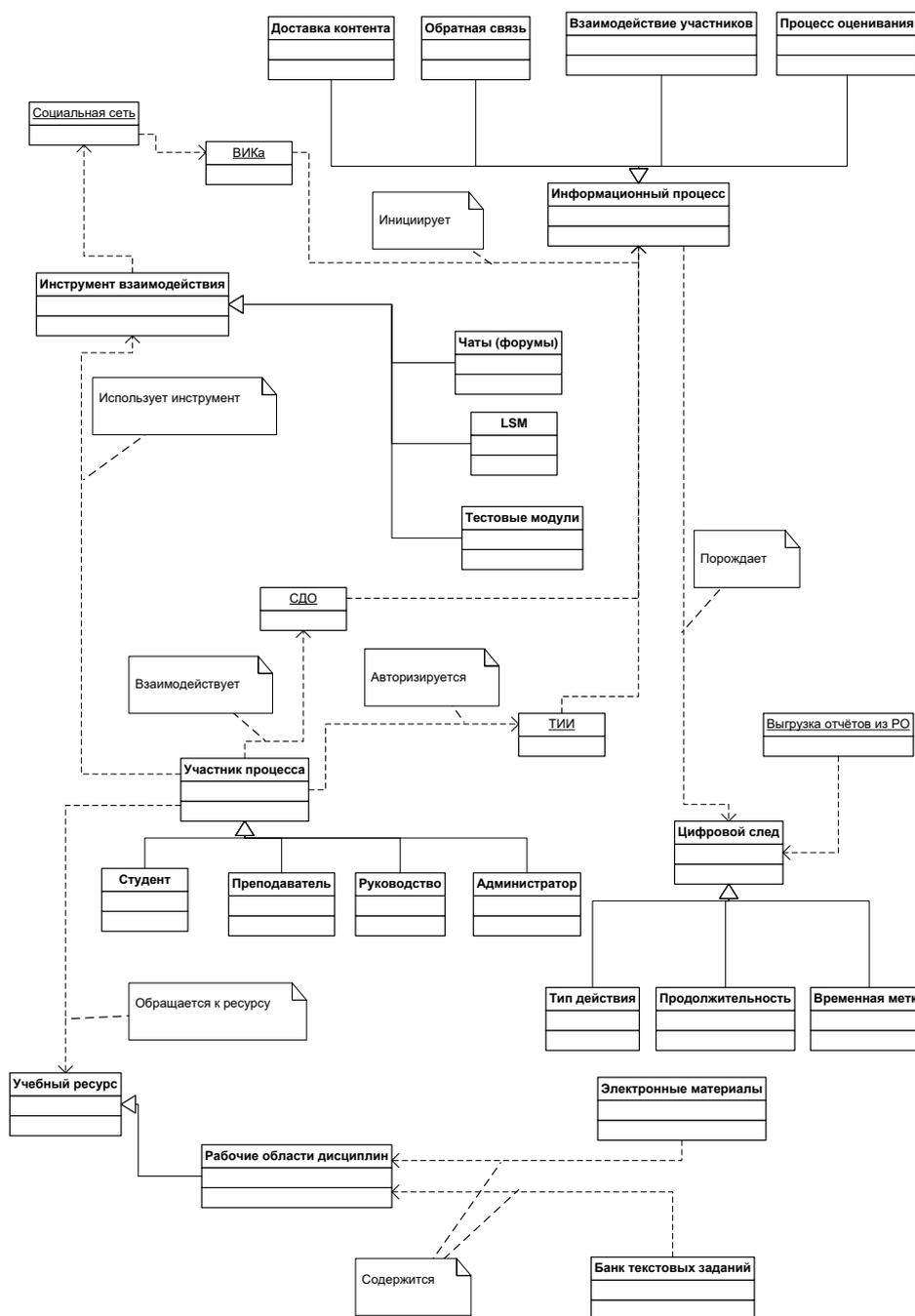


Рисунок 1 – Онтологическая модель информационных потоков в ЦОС
Figure 1 – Ontological model of information flows in the digital environment

Тип – текущее – алгоритм адаптивной обратной связи, многоформатное цифровое оценивание, СДО;

Тип – суммативное – многоформатное цифровое оценивание, СДО;

Тип – остаточное – СДО.

Идентификацию связей между экземплярами классов через пререквизиты можно систематизировать следующим образом (Таблица 2):

Таблица 2 – Пререквизиты экземпляров классов онтологической модели

Table 2 – Prerequisites of instances of classes of the ontological model

Источник (класс А)	Отношение	Цель (экземпляр класса Б)	Описание отношения	Уровень оценивания
Диагностическое	Требует	СДО	Анализ исходного уровня знаний	Входное
Формирующее	Требует	ВИКа, социальные сети	Реализация обратной связи	Непрерывное
Текущее	Поддерживается	СДО	Изменение уровня знаний в процессе обучения	Непрерывное
Суммативное	Поддерживается	СДО, многоформатное цифровое оценивание	ЦОС для обеспечения автоматизированной проверки знаний	Итоговое
Остаточное	Требует	СДО	В проверочных (диагностических) работах, как входное в других связанных дисциплинах	Остаточное

В указанном варианте отношений экземпляров классов представлено концептуальное описание без привязки к дисциплине и научной отрасли (технической, гуманитарной и т. д.) [10, 11].

Для реализации алгоритма адаптивной обратной связи, являющегося компонентом онтологической модели, необходимо выполнение требований:

- 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, регламент обратной связи, владение инструментарием для адаптивной обратной связи участников образовательного процесса;

- использование LMS с поддержкой адаптивных функций, наличие модуля аналитики для анализа результатов предиктивной обратной связи с интеграцией инструментов искусственного интеллекта для генерации пояснений и частых ответов.

Взаимодействие компонентов базовой архитектуры интеграции адаптивной обратной связи можно представить следующим образом (Таблица 3).

Таблица 3 – Компоненты базовой архитектуры интеграции
Table 3 – Components of the Basic Integration Architecture

Компонент архитектуры	Описание структуры	Назначение
Система управления обучением	LMS: Moodle	Платформа для взаимодействия участников образовательного процесса
Единый банк тестовых заданий (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 преподаватель проверяет результат классификации ответа. NLP для анализа письменных ответов (проверка эссе, коротких пояснений)
ВИКа	Чат-бот	Оперативная поддержка студентов по типовым запросам и индивидуальным ситуациям
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: ЕБТЗ предоставляет основу для вариативного и уровневого оценивания, ТИИ интерпретируют результаты ответов студентов и индивидуальные траектории, обратная связь осуществляется через LMS, социальные сети и ВИКа [12].

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. 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.

Практическая реализация разработанной онтологической модели основана на использовании доступных инструментальных средств и стандартов:

- LMS Moodle – интеграция с модулем плагина через REST API;
- NLP-модуль – предобработка сообщений студентов с помощью BERT для классификации, GPT для генерации адаптивной обратной связи;
- Онтология (OWL) – описание потоков данных.

Это подтверждает возможность реализации модели в действующих системах, включая Moodle.

Онтологическая модель рассматривается не только как инструмент формализации знаний об информационных потоках и процессах в ЦОС, но и как концептуальная основа

для разработки системы поддержки принятия решений. Такое назначение модели обусловлено тем, что онтология позволяет структурировать объекты, связи, зависимости и классы сущностей, обеспечивая единое семантическое пространство для работы аналитических и интеллектуальных модулей.

Обсуждение

Предложенная онтологическая модель информационных потоков связи «ЛПР – обратная связь» в ЦОС отражает высокую степень формализации и структурной выразительности, что позволяет использовать ее как основу для создания информационных систем поддержки образовательной аналитики и интеллектуального сопровождения обучения. Разработанная онтология обеспечивает комплексное покрытие взаимосвязей между объектами, цифровыми следами и инструментами образовательного взаимодействия.

При проектировании учитывались действующие в Российской Федерации нормативные требования:

– 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 Составы 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.

Таким образом, предлагаемая модель учитывает нормативные требования, что делает ее применимой в российских образовательных организациях.

Заключение

Онтологическая модель информационных потоков связи «ЛПР – обратная связь» в ЦОС представляет собой универсальный инструмент формализации и анализа ключевых компонентов образовательного взаимодействия. Модель включает иерархию классов с идентификацией отношений и дополненными компонентами ЦОС. Предложенная декомпозиция процесса оценивания знаний демонстрирует возможность применения ЦОС в образовательной среде не фрагментарно, а на всех этапах учебного процесса.

Научная значимость исследования заключается в разработке онтологической модели информационных потоков в ЦОС, отражающей структурно-функциональные характеристики взаимодействия участников образовательного процесса, и служит основой организации эффективной и адаптивной обратной связи в условиях многопоточности и цифровизации.

Модель может применяться для генерации персонализированных рекомендаций, построения адаптивных траекторий обучения, семантического анализа цифрового следа.

Таким образом, предложенная онтологическая модель формирует методологическую и технологическую основу для перехода к персонализированному цифровому образованию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Ахмедьянова Г.Ф., Пищухин А.М. Онтологический подход к проектированию научно-производственных систем. *Онтология проектирования*. 2022;12(1):57–67. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67>
Akhmedyanova G.F., Pishukhin A.M. Ontological Approach to Designing Scientific and Production Systems. *Ontology of Designing*. 2022;12(1):57–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67>
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. Яновская О.А., Кыдырмина Н.А. Архитектура цифровых технологий в образовании. *Education. Quality Assurance*. 2021;(4):33–39.
Yanovskaya O.A., Kudyrmina N.A. Architecture of Digital Technologies in Education. *Education. Quality Assurance*. 2021;(4):33–39.
4. 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
5. Сойфер В.А. Human fActor. *Онтология проектирования*. 2021;11(1):8–19. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2021-11-1-8-19>
Soifer V.A. Human fActor. *Ontology of Designing*. 2021;11(1):8–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2021-11-1-8-19>
6. Соловов А.В., Меньшикова А.А. Трансформация онтологии образования: от классно-урочной системы к смарт-инновациям. *Онтология проектирования*. 2022;12(4):470–480. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2022-12-4-470-480>
Solovov A.V., Menshikova A.A. Transformation of the Ontology of Education: From the Classroom Lesson System to Smart Innovations. *Ontology of Designing*. 2022;12(4):470–480. (In Russ.). <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2022-12-4-470-480>
7. Азбель А., Илюшин Л., Морозова П. Обратная связь в обучении глазами российских подростков. *Вопросы образования*. 2021;(1):195–212. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-1-195-212>
Azbel A., Pyushin L., Morozova P. Perceptions of Feedback Among Russian Adolescents. *Educational Studies Moscow*. 2021;(1):195–212. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-1-195-212>
8. Смирнова Е.В., Добрица Е.К., Демиденко Н.О. Использование онтологий в образовательных процессах. *Проблемы современной науки и образования*. 2017;(22):70–74. <https://doi.org/10.20861/2304-2338-2017-104-001>
Smirnova E.V., Dobritsa E.K., Demidenko N.O. The Use of Ontologies in Educational Processes. *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya*. 2017;(22):70–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.20861/2304-2338-2017-104-001>
9. Аниськин В.Н., Аниськин С.В., Богословский В.И., Добудько Т.В. Проектирование электронной информационно-образовательной среды педагогического вуза на основе информационно-деятельностного подхода. *Jurnalul Umanitar Modern*. 2021;4(2):5–9.

- Aniskin V.N., Aniskin S.V., Bogoslovskiy V.I., Dobudko T.V. Designing Electronic Information and Educational Environment for a Pedagogical University Based on Information and Activity Approach. *Modern Humanitarian Journal*. 2021;4(2):5–9. (In Russ.).
10. Тихоновецкая И.П. Искусственный интеллект в образовании: вызовы и риски. В сборнике: *Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: материалы VIII Международной научной конференции: Часть 1, 24–27 сентября 2024 года, Красноярск, Россия*. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева; 2024. С. 302–306.
Tikhonovetskaya I.P. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Risks. In: *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika elektronnoho obucheniya: tsifrovye tekhnologii v obrazovanii: materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii: Part 1, 24–27 September 2024, Krasnoyarsk, Russia*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev; 2024. P. 302–306. (In Russ.).
11. Подольская Т.А., Чепурнова Е.С. Представления об обратной связи у участников образовательного процесса. *Вестник практической психологии образования*. 2024;21(3):77–83. <https://doi.org/10.17759/bppe.2024210310>
Podolskaya T.A., Chepurnova E.S. Ideas about Feedback from Participants in the Educational Process. *Bulletin of Practical Psychology of Education*. 2024;21(3):77–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/bppe.2024210310>
12. Buinevich M., Shkerin A., Smolentseva T., Puchkova M. On the Implementation of Residual Knowledge Continuous Assessment Technology in an Educational Organization Using Artificial Intelligence Tools. In: *2024 4th International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE), 20–21 June 2024, Lipetsk, Russia*. IEEE, 2024. P. 111–114. <https://doi.org/10.1109/TELE62556.2024.10605664>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

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 15.07.2025; одобрена после рецензирования 03.09.2025; принята к публикации 30.09.2025.

The article was submitted 15.07.2025; approved after reviewing 03.09.2025; accepted for publication 30.09.2025.