

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATIONAL ACTIVITY

Научная статья
УДК 004.02:004.06
<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-2-119-128>

Автоматизация разработки адаптивного электронного обучения с использованием технологии блокчейн

Дина Викторовна Зими́на^{1}, Дмитрий Ильич Му́ромцев²*

^{1,2}*Национальный исследовательский университет ИТМО,
Санкт-Петербург, Россия, dina.zimina@gmail.com**

Аннотация. Низкий процент завершения онлайн-курсов в рамках современного массового онлайн-образования может быть обусловлен отсутствием адаптации под конкретного пользователя онлайн-курса единой для всех обучающихся траектории обучения. Решением проблемы может стать адаптивное обучение, модифицирующее учебный процесс для разных обучающихся в зависимости от их особенностей и условий обучения. Цель исследования – автоматизировать процесс разработки адаптивного электронного обучения с помощью технологии блокчейн. В качестве входных данных для эксперимента использовались результаты исследования, в котором адаптивное обучение было организовано на основе модели стилей обучения Фельдера–Сильверман. С помощью механизма смарт-контрактов блокчейн регистрировал учебные события, позволяющие определить стиль обучения пользователей непосредственно во время учебного процесса. Выбранная модель стилей обучения, а также количество категорий учащихся настраивались исключительно в коде смарт-контракта, что позволило говорить об универсальности и масштабируемости процесса организации адаптивного электронного обучения с помощью блокчейна. Также блокчейн обеспечил надежность хранения и прослеживаемость данных. Блокчейн документирует разнородные данные в едином хранилище, добавляя к каждому зафиксированному событию метку времени и адрес автора. Предложенный метод также унифицирует организацию адаптивного электронного обучения, поскольку подходит для разных моделей стилей обучения с разными параметрами. Автоматизированный процесс не требует разработки предварительных тестов и свободен от необъективных оценок обучающимися самих себя.

Ключевые слова: адаптивное обучение, модель стиля обучения, блокчейн, Ethereum, смарт-контракт, автоматизация

Для цитирования: *Зими́на Д. В., Му́ромцев Д. И.* Автоматизация разработки адаптивного электронного обучения с использованием технологии блокчейн // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 2. С. 119–128.* <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-2-119-128>.

Original article

Automation of developing adaptive e-learning using blockchain technology

Dina V. Zimina^{1}, Dmitry I. Muromtsev²*

^{1,2}*ITMO University,
Saint-Petersburg, Russia, dina.zimina@gmail.com**

Abstract. The low percentage of completion of online courses in the framework of the modern mass online education may be related to the lack of adaptation for a specific user of an online course of a learning path unifying all the students. The solution to the problem can be adaptive learning, which modifies the learning process for different students depending on their characteristics and learning conditions. The purpose of the study is to automate the process of developing adaptive e-learning by using the blockchain technology. The results of a study, in which adaptive learning was organized on the basis of the Felder-Silverman learning styles model was used as input data for the experiment. Applying the mechanism of smart contracts, the blockchain technology registered learning events, which made it possible to determine the learning style of users directly during the learning process. The chosen model of learning styles, as well as the number of categories of students, were configured exclusively in the smart contract code, which made it possible to talk about the universality and scalability of the process of organizing adaptive e-learning using the blockchain. The technology also ensured the reliability of data storage and traceability. It documents heterogeneous data in a single storage space adding a timemarker and the author's address to each recorded event. The proposed method also unifies the organization of adaptive e-learning, since it is suitable for different models of learning styles with different parameters. The automated process does not require the development of preliminary tests and is free from biased assessments from the students in the learning course.

Keywords: adaptive learning, learning style model, blockchain, Ethereum, smart contract, automation

For citation: Zimina D. V., Muromtsev D. I. Automation of development adaptive e-learning using blockchain technology. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics.* 2022;2:119-128. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-2-119-128>.

Введение

Рассматривается возможность применения технологии блокчейн в проектировании адаптивного обучения.

Современное массовое онлайн-обучение (Massive open online courses – MOOC) ориентировано на большое количество пользователей – на крупнейших ресурсах зарегистрированы миллионы слушателей [1, 2]. Из самого названия этого формата следует, что MOOC предоставляют большому числу слушателей одинаковый учебный контент. Создание и последующее развитие MOOC стало прорывом, сделавшим образование по-настоящему доступным для огромного количества людей [3]. Однако проблемы массовых курсов становятся продолжением их же достоинств. Обучение в таком формате обезличено, обратная связь скупа, и слушателям требуется очень высокая мотивация и самодисциплина, чтобы завершить выбранный курс. Кроме того, трудно автоматически определить, готов ли слушатель к обучению конкретно этому курсу, достаточно ли он компетентен. Эти факторы могут приводить к низкому проценту завершения онлайн-курсов [4]. Выходом из данного положения может быть введение элементов адаптивности в онлайн-курсы [5]. Шаги в этом направлении уже предпринимаются. Например, платформа Smart Sparrow упоминает адаптивное обучение [6]. В платформе Stepik предусмотрен механизм адаптивности в экспериментальной форме [7]. Кроме того, в работе [8] исследуются различные типы обучающихся MOOC по их поведению в системе.

Адаптивное обучение предполагает индивидуальную траекторию обучения для разных обучающихся или разных групп обучающихся. Это позволяет помочь всем слушателям освоить курс вне зависимости от уровня их подготовки или личностных особенностей.

Существуют различные модели адаптивных систем [9–11]. В качестве составных частей этих систем упоминаются модель контента и модель обучающегося, и если первую можно выстроить заранее, исходя из имеющихся учебных материалов, то вторая выстраивается либо заранее, по предварительному тесту (имплицитный способ), либо на основании данных о поведении обучающегося (эксплицитный способ) [12]. Важной частью модели обучающегося является модель *стиля обучения*.

Основные модели стилей обучения описаны в работе [13]. В данном исследовании используется модель Фельдера–Сильверман.

Любая модель нуждается в механизме сбора данных разного формата – как в процессе обучения, так и заранее, причем в последнем случае требуются дополнительные трудозатраты на создание тестов. И в этом может помочь технология блокчейн, одно из свойств которой – возможность максимально подробно документировать все события системы.

Технология блокчейн является популярной темой для научных разработок. Это особая структура данных, хранящая в защищенном от искажения и подмены виде полную информацию обо всех событиях некоторой одноранговой сети. Блокчейн состоит из блоков, каждый из которых (кроме первичного) состоит из ссылки на предыдущий блок и упорядоченного списка транзакций – операций, совершенных в сети. Основные преимущества блокчейна – прозрачность, надежность хранения данных, а также децентрализация в управлении ими. Эти свойства устраняют необходимость в каких-либо третьих проверяющих и контролирующих сторонах. Данные в сети блокчейна доступны всем участникам сети, каждая транзакция записывается в блок только при достижении консенсуса в сети, поэтому невозможно изменить или подделать содержимое одного блока, не получив «согла-

Результаты тестирования обучающихся

Test results of students

Пары параметров	Строго А	Умеренно А	Баланс	Умеренно В	Строго В
	%				
Визуальные (А) – вербальные (В)	23	22	42	11	2
Действующие (А) – мыслящие (В)	26	45	12	5	12
Чувствующие (А) – интуитивные (В)	10	7	53	17	13
Последовательные (А) – целостные (В)	7	8	71	7	7

Таким образом, определение стиля обучения является трудоемкой задачей в дополнение к непосредственной разработке учебного материала. Поскольку обучающиеся оценивают сами себя, существует вероятность ошибки из-за необъективной оценки. Кроме того, количество групп и критерии отнесения к каждой группе заявлены заранее и не могут корректироваться. Данная работа предлагает автоматизировать процесс из исследования [9] с использованием блокчейна.

Метод автоматизации разработки адаптивного обучения

Используем теорию множеств.

Пусть A – множество всех событий учебного процесса, а T – множество тестовых событий, на основании которых обучающегося относят к тому или иному классу. В адаптивной системе, построенной по имплицитному способу, множества A и T не пересекаются:

$$|A \cup T| = |A| + |T|,$$

а при смешанном способе частично пересекаются: некоторые учебные события являются также тестовыми, однако существуют и специально разработанные тестовые события:

$$|A \cup T| < |A| + |T|.$$

В обоих случаях количество событий учебного процесса увеличивается, дополняясь специальными тестовыми:

$$|A| < |A \cup T|.$$

Очевидно, что разработка предварительного тестирования в случае имплицитного или смешанного способов увеличивает объем работы, ресурсов и учебного контента, который необходимо пройти обучающемуся. С другой стороны, анализ поведения обучающегося и построение модели стиля его обучения непосредственно в процессе обучения (эксплицитный способ) могло бы значительно упростить создание адаптивной системы.

Поскольку система, использующая блокчейн, может регистрировать любые события учебного процесса, позволяя в мельчайших подробностях узнавать стиль поведения обучающегося, для нее не требуется создания специального предваритель-

ного теста или иных дополнительных тестовых событий. Соотношение множеств T (множество тестовых событий при использовании блокчейна) и A можно представить следующим образом:

$$|A \cup T| = |A|.$$

Таким образом, использование блокчейна для организации адаптивного обучения дает следующие преимущества:

- частично автоматизирует сбор данных (идентификаторов обучающихся и временных меток) для регистрации учебных событий;
- повышает надежность и прослеживаемость данных учебного процесса, поскольку записанные в блокчейн транзакции нельзя подделать;
- упрощает организацию адаптивного обучения, упраздняя создание специальных предварительных тестов;
- позволяет объективно оценить стиль обучения, поскольку поведение обучающихся регистрируется автоматически, невозможно ошибиться или обмануть систему;
- позволяет масштабировать модели стилей обучения, управляя количеством классов учащихся (и, соответственно, количеством учебных траекторий) в зависимости от целей разработчиков. Данное преимущество будет рассмотрено в следующей главе;
- делает организацию адаптивного обучения универсальной, позволяя динамически реализовывать различные модели (не только Фельдера–Сильверман) без проектирования дополнительных средств проверки.

Последнее достоинство требует отдельного пояснения. В рамках данной работы была использована модель Фельдера–Сильверман, однако для предложенного метода модель стиля обучения не важна. В этом смысле блокчейн выступает как универсальное средство автоматического сбора и надежного хранения данных, позволяющее адаптировать учебный процесс разными методами, при необходимости меняя их по ходу обучения.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим первую пару параметров модели: «визуальный – вербальный». Отнести обучающегося к тому или иному классу можно с помощью анализа его действий. Если документировать просмотр учебного материала в «визуальном» или

«вербальном» формате, можно составить статистику по каждому обучающемуся и отнести его к одной из категорий.

Для целей исследования воспользуемся блокчейном Ethereum и его механизмом смарт-контрактов. Для написания смарт-контракта используем онлайн-компилятор.

По своей структуре смарт-контракт напоминает класс в объектно-ориентированном программировании. Он содержит свойства и методы. В данной работе в качестве свойств были объявлены учебные события с соответствующими параметрами, а методами были обработчики событий.

Смарт-контракт предусматривал обработку события посещения обучающимся учебного объекта. В качестве параметра в обработчик передавалось ключевое слово «verbal», если событие заключалось в изучении «вербального» материала, и слово «visual», если событие заключалось в просмотре «визуального» материала.

Обработчик события принимал в качестве входных параметров ключевое слово, вызывал событие с этим параметром, записывал событие в блокчейн, добавляя к нему временную метку и автора, инициирующего событие (рис. 1).

Zhigina D. V., Mironov S. D. I. Automation of development adaptive e-learning using blockchain technology

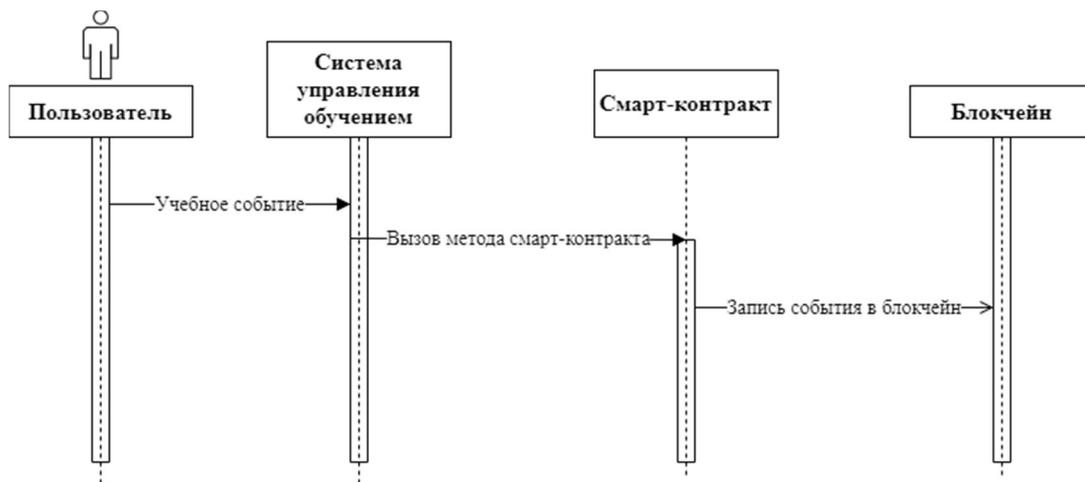


Рис. 1. Схема записи события в блокчейн

Fig. 1. Graph of recording an event in the blockchain

События вместе со своими параметрами были доступны по запросу пользователя (рис. 2).

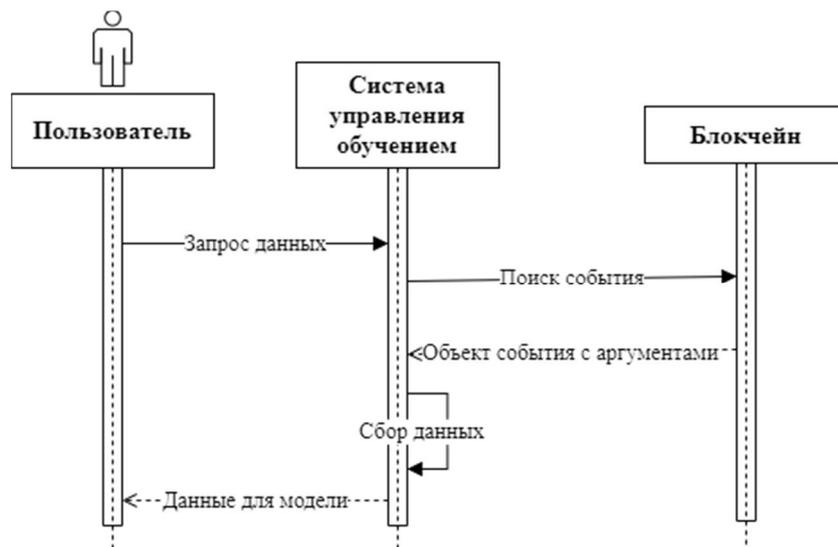


Рис. 2. Схема извлечения параметров события из блокчейна

Fig. 2. Graph of withdrawing the parameters of an event from the blockchain

Для работы с Ethereum использовалась утилита geth («go ethereum»). В реальном блокчейне за каждую транзакцию взимается плата во внутренней валюте, поэтому в geth был запущен майнинг в dev-версии блокчейна для разработчиков. В другом экземпляре geth была запущена специальная консоль, в которой и производилась работа со смарт-контрактом.

После компиляции смарт-контракта был получен код web3 deploy, который позволил развернуть смарт-контракт в тестовой сети Ethereum, так что

```
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384644" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384653" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384659" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384665" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "verbal", "time": "1582384673" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384679" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384684" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "verbal", "time": "1582384691" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "verbal", "time": "1582384703" }
{ "owner": "0x871a9c68133480c0f7c074094c80d04538186c04", "percept_type": "visual", "time": "1582384709" }
```

Рис. 3. Отчет о событиях

Fig. 3. Event report

Список содержит 10 событий, 3 из которых имеют метку «verbal», 7 – «visual». Таким образом, можно утверждать, что данный обучающийся с вероятностью 0,7 относится к классу «визуальный». Используя классификацию стилей обучения, приведенную в таблице, можно отнести его к классу «умеренное предпочтение варианта «визуальный».

Аналогичным образом можно с помощью блокчейна распределить обучающихся по всем остальным параметрам.

При использовании блокчейна ожидаемо получилось то же распределение, что и во входных данных, однако данный результат был получен

он получил свой адрес. Теперь, обращаясь к этому адресу, можно вызывать методы смарт-контракта с предусмотренными параметрами, а затем получить список всех событий с наборами параметров, включавших в себя отметки о времени и инициаторе каждого события.

Данные были выгружены в программу «Блокнот». На рис. 3 показан скриншот записей о событиях, имитирующих последовательный выбор визуальных и вербальных элементов учебного материала.

автоматически, прямо во время учебного процесса. Важным достоинством автоматизированного подхода является большая точность и гибкость в определении стиля обучения по сравнению с рассмотренным ранее исследованием. Во входных данных предполагалось всего 5 групп обучающихся, причем количество групп было определено на этапе проектирования теста. При использовании блокчейна количество групп можно определить динамически – в данном случае с шагом в 0,1 вероятности. На рис. 4 и 5 приведены графики распределения обучающихся по параметру «визуальный – вербальный» во входных данных и в данной работе.

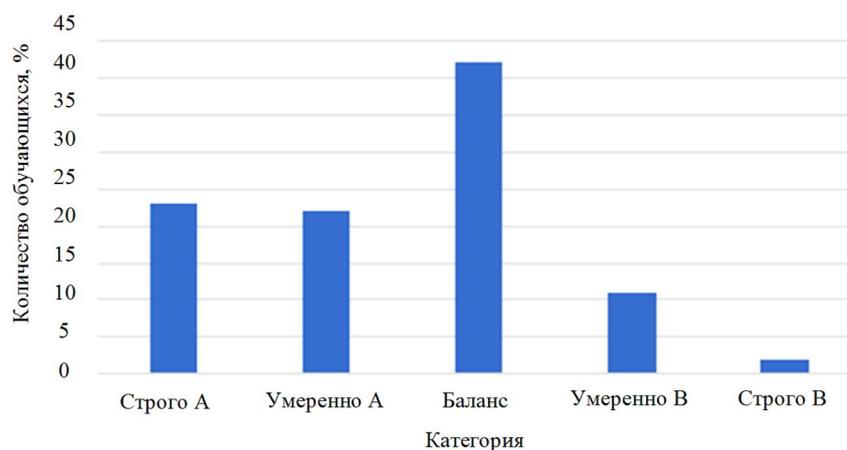


Рис. 4. Распределение обучающихся после теста

Fig. 4. Distribution of students after the test

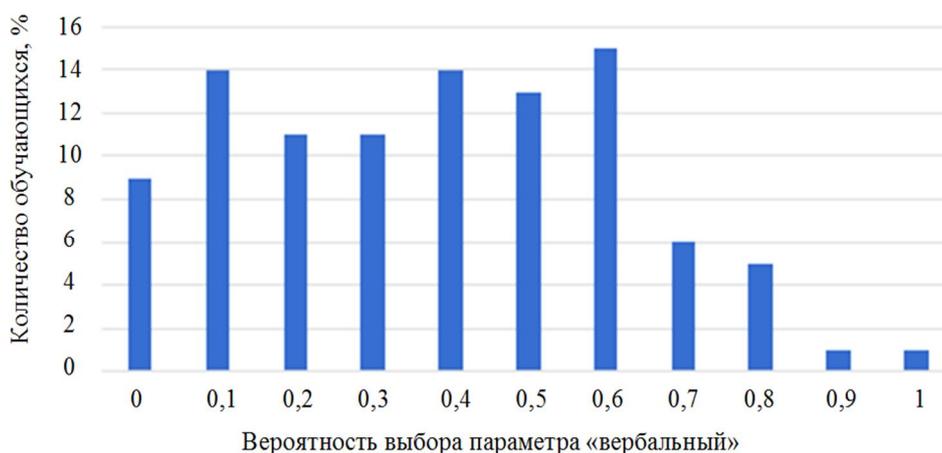


Рис. 5. Распределение обучающихся при использовании блокчейна

Fig. 5. Distributing students in the process of using the blockchain

Предложенный метод может быть реализован на практике в существующих онлайн-курсах: современные массовые открытые онлайн-курсы содержат видео, изображения, презентации, текстовые субтитры. По этим элементам уже можно отслеживать цифровой след обучающихся и определять их стиль обучения по параметру «визуальный – вербальный». Однако это всего лишь один параметр; потенциально для анализа доступно любое действие, любой цифровой артефакт. Подробность и точность в документировании поведения обучающегося дает возможность не просто выставлять более объективную оценку, но и получить полную картину стиля обучения.

В качестве общей рекомендации для онлайн-курсов можно указать следующее:

– учебный материал должен предоставляться в разных видах: презентации, видео, субтитры, изображения. Это уже реализовано в большинстве массовых открытых онлайн-курсов, однако пока обучающиеся получают одинаковый контент;

– по мере формирования стиля обучения контент, предоставляемый обучающемуся, может адаптироваться под особенности последнего, например, презентация становится более подробной, появляются дополнительные аудио- или видеоролики. Количество вариантов представления учебного контента зависит от количества категорий обучающихся;

– технически от разработчиков учебного контента требуется небольшая корректировка материалов, а от разработчиков платформы онлайн-обучения – небольшие изменения в верстке страниц. Самая трудоемкая часть – определение траекторий обучения для каждого класса обучающихся. Но эти усилия требуются и без применения блокчейна.

Заключение

Предложено использование технологии блокчейн для автоматизации разработки адаптивного электронного обучения. В качестве входных данных использовались результаты исследования по организации адаптивного учебного процесса с использованием модели Фельдера–Сильверман, а именно распределение обучающихся по группам в соответствии с результатами предварительного тестирования на определение стиля обучения.

Проведен эксперимент с использованием тестовой сети блокчейна Ethereum, работа с которой велась с помощью утилиты geth и механизма смарт-контрактов. Осуществлено распределение обучающихся по группам согласно одному из критериев модели Фельдера–Сильверман. В работе, взятой за основу, моделирование стиля обучения происходило с помощью вступительного теста, в котором обучающиеся, отвечая на вопросы, сами относили себя к той или иной группе. Метод, предложенный в настоящем исследовании, делает это автоматически, что дает следующие преимущества:

– унификация: не требуется разных структур для хранения разнородных данных: блокчейн документирует гетерогенные данные, собирая их в одном реестре;

– автоматизация: блокчейн добавляет к каждой записи время и автора события, что облегчает сбор данных для определения стиля обучения;

– надежность и прослеживаемость данных: ключевые свойства блокчейна, обеспечивающие безопасность и прозрачность хранимых данных, актуальны и в данном случае;

– простота: нет необходимости в проведении предварительных тестов;

– объективность: стиль обучения строится непосредственно на основании действий обучаю-

щихся, что устраняет риск необъективности при использовании дополнительных тестов;

– масштабируемость и параметризация: количество категорий обучающихся, стилей обучения и учебных траекторий можно настраивать без репроектирования всей системы;

– универсальность: блокчейн позволяет использовать разные модели стилей обучения.

Представленный метод может быть использован в массовом онлайн-обучении для повышения его эффективности путем введения механизма адаптивности. Дальнейшая работа в рамках данной тематики будет направлена на использование метода для полной реализации модели Фельдера-Сильверман.

Список источников

1. *Рощина Я. М., Роцин С. Ю., Рудаков В. Н.* Спрос на массовые открытые онлайн-курсы (МООС): опыт российского образования // *Вопр. образования*. 2018. № 1. С. 174–199. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-1-174-199.
2. *Голубева Г. Ф., Тришин А. А.* Массовые открытые онлайн-курсы в России и за рубежом с позиций глобального информационного пространства // *Эргодизайн*. 2018. № 2. С. 8–14. DOI: 10.30987/article_5bf98b63306ed0.91342378.
3. *Солодов А. В., Прокубовская А. О., Чубаркова Е. В.* Массовые открытые онлайн-курсы – особенности и перспективы // *Наука. Информатизация. Технологии. Образование*. 2018. С. 433–439.
4. *Harvard, MIT*: Despite low completion rates, MOOCs work // *The Hechinger Report*. URL: <https://hechingerreport.org/harvard-mit-despite-low-completion-rates-moocs-work/> (дата обращения: 23.02.2022).
5. *Ahmed M. U., Sangi N. A., Mahmood A.* A model of adaptive e-Learning in an ODL environment // *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*. 2018. V. 37. N. 2. P. 367–382. DOI: 10.22581/muet1982.1802.13.
6. *Lets Talk About Adaptive Learning?* URL: <https://www.smartsparrow.com/what-is-adaptive-learning/> (дата обращения: 23.02.2022).
7. *Адаптивные курсы* // Справочный центр Stepik. URL: <https://support.stepik.org/hc/ru/articles/360002316314-%D0%90%D0%B4%D0%B0%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8B> (дата обращения: 23.02.2022).
8. *Даун Н. Н., Уразаева Л. Ю.* Модели обучающихся массовых открытых онлайн курсов // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2015. Т. 1. № 11. С. 225–234.
9. *Хлопотов М. В.* Применение байесовской сети при построении моделей для оценки уровня сформированности компетенций // *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2014. №. 5 (24). URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/20TVN514.pdf> (дата обращения: 23.02.2022).
10. *Namada M., Hassan M.* An enhanced learning style index: implementation and integration into an intelligent and adaptive e-learning system // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2017. V. 13. N. 8. P. 4449–4470. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00940a.
11. *Esichaikul V., Lamnoi S., Bechter C.* Student modeling in adaptive e-learning systems // *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*. 2011. V. 3. N. 3. P. 342–355.
12. *Слепченко Н. Н., Ямских Т. Н.* Индивидуальные учебные стили в адаптивных обучающих системах // *Информатизация образования и методика электронного обучения: материалы I Междунар. науч. конф. в рамках*
- IV Междунар. науч.-образоват. форума «Человек, семья и общество: история и перспективы развития» (Красноярск, 27–30 сентября 2016 г.). Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2016. С. 444–448.
13. *Токтарова В. И.* Адаптивная система математической подготовки студентов вуза: учет стилевых типологий обучающихся // *Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та*. 2017. № 6. С. 108–117.
14. *Yli-Huumo J., Ko D., Choi S., Park S., Smolander K.* Where is current research on blockchain technology? A systematic review // *PloS one*. 2016. V. 11. N. 10. P. e0163477. DOI: 10.1371/journal.pone.0163477.
15. *Bandara I., Ioras F., Arraiza M. P.* The emerging trend of blockchain for validating degree apprenticeship certification in cybersecurity education // *Proceedings of 12th International Technology, Education and Development Conference (Valencia, Spain, 5-7 March, 2018)*. DOI: 10.21125/inted.2018.
16. *Purdon I., Erturk E.* Perspectives of Blockchain Technology, its Relation to the Cloud and its Potential Role in Computer Science Education // *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 2017. V. 7. N. 6. P. 2340–2344.
17. *Zaslavsky A. A.* Prospects for the use of blockchain algorithms to ensure security in the management of the educational organization // *RUDN Journal of Informatization in Education*. 2018. V. 15. N. 1. P. 101–106. DOI: 10.22363/2312-8631-2018-15-1-101-106.
18. *Chen G. et al.* Exploring blockchain technology and its potential applications for education // *Smart Learning Environments*. 2018. V. 5. N. 1. P. 1. DOI: 10.1186/s40561-017-0050-x.
19. *Remix – Ethereum IDE*. URL: <https://remix.ethereum.org/> (дата обращения: 23.02.2022).
20. *Leading Blockchain Education and Research Since 2013*. URL: <https://www.unic.ac.cy/blockchain/> (дата обращения: 23.02.2022).
21. *Sharples M., Domingue J.* The Blockchain and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward // *European Conference on Technology Enhanced Learning*. Springer, Cham. 2016. P. 490–496. DOI: 10.1007/978-3-319-45153-4_48.
22. *Grech A., Camilleri A. F.* Blockchain in Education // *Joint Research Centre (Seville site)*. 2017. N. JRC108255. DOI: 10.2760/60649.
23. *Зимина Д. В., Муромцев Д. И.* Проектирование образовательной среды с помощью смарт-контрактов блокчейна Ethereum // *Науч.-техн. вестн. информ. технологий, механики и оптики*. 2019. Т. 19. № 6. С. 1162–1168. DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1162-1168.

References

1. Roshchina Ia. M., Roshchin S. Iu., Rudakov V. N. Spros na massovye otkrytye onlain-kursy (MOOC): opyt rossiiskogo obrazovaniia [Demand for massive open online courses: experience of Russian Education]. *Voprosy obrazovaniia*, 2018, no. 1, pp. 174-199. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-1-174-199.
2. Golubeva G. F., Trishin A. A. Massovye otkrytye onlain-kursy v Rossii i za rubezhom s pozitsii global'nogo informatsionnogo prostranstva [Massive open online courses in Russia and abroad in terms of global information space]. *Ergodizain*, 2018, no. 2, pp. 8-14. DOI: 10.30987/article_5bf98b63306ed0.91342378.
3. Solodov A. V., Prokubovskaia A. O., Chubarkova E. V. Massovye otkrytye onlain-kursy – osobennosti i perspektivy [Massive open online courses – specific features and prospects]. *Nauka. Informatizatsiia. Tekhnologii. Obrazovanie*, 2018, pp. 433-439.
4. Harvard, MIT: Despite low completion rates, MOOCs work. *The Hechinger Report*. Available at: <https://hechingerreport.org/harvard-mit-despite-low-completion-rates-moocs-work/> (accessed: 23.02.2022).
5. Ahmed M. U., Sangi N. A., Mahmood A. A model of adaptive e-Learning in an ODL environment. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, 2018, vol. 37, no. 2, pp. 367-382. DOI: 10.22581/muet1982.1802.13.
6. Lets Talk About Adaptive Learning? Available at: <https://www.smartsparrow.com/what-is-adaptive-learning/> (accessed: 23.02.2022).
7. Adaptivnye kursy [Adaptive courses]. *Spravochnyi tsentr Stepik* Available at: <https://support.stepik.org/ru/articles/360002316314-%D0%90%D0%B4%D0%B0%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8B> (accessed: 23.02.2022).
8. Datsun N. N., Urazaeva L. Iu. Modeli obuchaiushchikhsia massovykh otkrytykh onlain kursov [Models of massive open online courses learners]. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie*, 2015, vol. 1, no. 11, pp. 225-234.
9. Khlopotov M. V. Primenenie baiesovskoi seti pri postroenii modelei dlia otsenki urovnia sformirovannosti kompetentsii [Application of Bayesian network in building models for assessing level of competence formation]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*, 2014, no. 5 (24). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/20TVN514.pdf> (accessed: 23.02.2022).
10. Hamada M., Hassan M. An enhanced learning style index: implementation and integration into an intelligent and adaptive e-learning system. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2017, vol. 13, no. 8, pp. 4449-4470. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00940a.
11. Esichaikv V., Lamnoi S., Bechter C. Student modeling in adaptive e-learning systems. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 2011, vol. 3, no. 3, pp. 342-355.
12. Slepchenko N. N., Iamskikh T. N. Individual'nye uchebnye stili v adaptivnykh obuchaiushchikh sistemakh [Individual learning styles in adaptive learning systems]. *Informatizatsiia obrazovaniia i metodika elektronnoho obucheniia: materialy I Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii v ramkakh IV Mezhdunarodnogo nauchno-obrazovatel'nogo foruma «Chelovek, sem'ia i obshchestvo: istoriia i perspektivy razvitiia» (Krasnoiarsk, 27–30 sentiabria 2016 g.)*. Krasnoiarsk, Izd-vo Sib. feder. un-ta, 2016. Pp. 444-448.
13. Toktarova V. I. Adaptivnaia sistema matematicheskoi podgotovki studentov vuza: uchet stilevykh tipologii obuchaiushchikhsia [Adaptive system of mathematical training of university students: taking into account style typologies of students]. *Vestnik Cheliabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2017, no. 6, pp. 108-117.
14. Yli-Huumo J., Ko D., Choi S., Park S., Smolander K. Where is current research on blockchain technology? A systematic review. *PloS one*, 2016, vol. 11, no. 10, p. e0163477. DOI: 10.1371/journal.pone.0163477.
15. Bandara I., Ioras F., Arraiza M. P. The emerging trend of blockchain for validating degree apprenticeship certification in cybersecurity education. *Proceedings of 12th International Technology, Education and Development Conference (Valencia, Spain. 5-7 March, 2018)*. DOI: 10.21125/inted.2018.
16. Purdon I., Erturk E. Perspectives of Blockchain Technology, its Relation to the Cloud and its Potential Role in Computer Science Education. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 2017, vol. 7, no. 6, pp. 2340-2344.
17. Zaslavsky A. A. Prospects for the use of blockchain algorithms to ensure security in the management of the educational organization. *RUDN Journal of Informatization in Education*, 2018, vol. 15, no. 1, pp. 101-106. DOI: 10.22363/2312-8631-2018-15-1-101-106.
18. Chen G. et al. Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, 2018, vol. 5, no. 1, p. 1. DOI: 10.1186/s40561-017-0050-x.
19. Remix – Ethereum IDE. Available at: <https://remix.ethereum.org/> (accessed: 23.02.2022).
20. *Leading Blockchain Education and Research Since 2013*. Available at: <https://www.unic.ac.cy/blockchain/> (accessed: 23.02.2022).
21. Sharples M., Domingue J. The Blockchain and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward. *European Conference on Technology Enhanced Learning. Springer, Cham*, 2016, pp. 490-496. DOI: 10.1007/978-3-319-45153-4_48.
22. Grech A., Camilleri A. F. Blockchain in Education. *Joint Research Centre (Seville site)*, 2017, no. JRC108255. DOI: 10.2760/60649.
23. Zimina D. V., Muromtsev D. I. Proektirovanie obrazovatel'noi sredy s pomoshch'iu smart-kontraktov blokcheina Ethereum [Designing educational environment using Ethereum blockchain smart contracts]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2019, vol. 19, no. 6, pp. 1162-1168. DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1162-1168.

Информация об авторах / Information about the authors

Дина Викторовна Зими́на – преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций; Национальный исследовательский университет ИТМО; dina.zimina@gmail.com

Dina V. Zimina – Lecturer of the Faculty of Technological Management and Innovations; ITMO University; dina.zimina@gmail.com

Дмитрий Ильич Муромцев – кандидат технических наук, доцент; доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники; Национальный исследовательский университет ИТМО; mouromtsev@itmo.ru

Dmitry I. Muromtsev – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Faculty of Software Engineering and Computer Systems; ITMO University; mouromtsev@itmo.ru

