

УДК 004.652

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1162-1168

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ СМАРТ-КОНТРАКТОВ БЛОКЧЕЙНА ETHEREUM

Д.В. Зимина, Д.И. Муромцев

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация  
 Адрес для переписки: [dina.zimina@gmail.com](mailto:dina.zimina@gmail.com)

### Информация о статье

Поступила в редакцию 27.05.19, принята к печати 14.10.19  
 Язык статьи — русский

**Ссылка для цитирования:** Зимина Д.В., Муромцев Д.И. Проектирование образовательной среды с помощью смарт-контрактов блокчейна Ethereum // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 6. С. 1162–1168. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1162-1168

### Аннотация

**Предмет исследования.** Рассмотрен процесс формирования отчетов в электронных образовательных системах. Проведена оптимизация управления учебным процессом в части формирования отчетов за счет использования технологии блокчейн. Выполнен анализ существующих систем управления обучением, инструментов их создания и анализа отчетов. Рассмотрена технология блокчейн с точки зрения возможностей применения в образовании. **Метод.** Процесс формирования отчетов в системе управления обучением представлен в виде математической модели. Доказано, что использование технологии блокчейн упрощает процесс формирования отчетов. Инструменты блокчейна автоматически регистрируют события сети. Разработана модель генерации отчетов в образовательной системе с использованием транзакций блокчейна. Предложенная модель реализована в тестовой версии блокчейна Ethereum с использованием механизма смарт-контрактов. Смарт-контракт записывает в блокчейн разнородные данные учебных событий, не используя при этом сложных структур данных. Блокчейн хранит данные в едином реестре и самостоятельно регистрирует время каждого события и адрес его инициатора. Данные событий доступны через консоль `geth` для работы с блокчейном Ethereum. **Основные результаты.** Получена методика документирования учебного процесса с помощью технологии блокчейн. Методика не требует создания единой модели данных для хранения сведений об учебных событиях, а также специального учета инициаторов и времени событий. **Практическая значимость.** Результаты работы позволяют предложить использование блокчейна в качестве средства оптимизации управления учебным процессом.

### Ключевые слова

блокчейн, образование, Ethereum, отчет, смарт-контракт

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1162-1168

## LEARNING ENVIRONMENT DESIGN USING ETHEREUM BLOCKCHAIN SMART CONTRACTS

D.V. Zimina, D.I. Mouromtsev

ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation  
 Corresponding author: [dina.zimina@gmail.com](mailto:dina.zimina@gmail.com)

### Article info

Received 27.05.19, accepted 14.10.19  
 Article in Russian

**For citation:** Zimina D.V., Mouromtsev D.I. Learning environment design using Ethereum blockchain smart contracts. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 6, pp. 1162–1168 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1162-1168

### Abstract

**Subject of Research.** The paper considers the process of generating reports in electronic learning systems. The aim is to optimize learning process management in generating reports using blockchain technologies. The paper analyzes existing learning management systems and their tools for generating and analyzing reports. Blockchain technology is reviewed in terms of educational opportunities. **Method.** The process of generating reports in the learning management system is presented as a mathematical model. It has been proven that the use of blockchain technology simplifies this process, since blockchain tools automatically register network events. A model for generating reports in the learning system using blockchain transactions has been developed. The model is implemented in a test version of the Ethereum blockchain using the smart contract mechanism. A smart contract records heterogeneous data of learning events to the blockchain without using special data structures. The

blockchain stores data in a unified registry and registers event timestamp and event author's address by itself. Event data is available through the geth console oriented for the Ethereum blockchain. **Main Results.** A method of learning process documenting using blockchain technology has been developed. The method does not require any special data model for storing learning events data, as well as special mechanism for recording event timestamp and event author's address. **Practical Relevance.** Research results show that blockchain application provides for optimization of the learning process management.

#### Keywords

blockchain, education, Ethereum, report, smart contract

### Введение

Современное онлайн-образование требует точного контроля и управления ввиду своей массовости. Массовые открытые онлайн-курсы предполагают большое число учащихся, и учебный процесс должен анализироваться с учетом множества параметров. Для этого в любой системе управления обучением предусмотрены инструменты отчетности и анализа с возможной последующей корректировкой курсов. Однако популярность онлайн-образования растет. Увеличивается и количество учащихся [1, 3]. В некоторых случаях прохождение онлайн-курса является альтернативой аудиторному изучению дисциплины [4]. В связи с этим требуется больше методов для сбора и анализа разнородных данных об обучении и для управления образовательным процессом.

Рассмотрим основные методы формирования отчетности в трех платформах онлайн-образования.

В Moodle предусмотрены статистический отчет по курсу, отчет об оценках и отчет о деятельности учащегося. Таким образом, с помощью стандартных отчетов Moodle можно получить сведения об оценках, дате и времени выполнения заданий, а также по прогрессу в обучении конкретных учащихся.

Эти данные позволяют составлять рейтинги учащихся, вычислять средний балл, анализировать разные задания с точки зрения успешности их прохождения и времени, затраченного на них разными учащимися [5].

В edX также есть возможность сбора и анализа таких данных, как прогресс отдельного учащегося, статистика прохождения элементов курса, а также возможность настройки системы оценивания<sup>1</sup>.

В Stepik, кроме вышеперечисленного, есть возможность определения плагиата в учебных работах [6].

В то же время набирает популярность технология блокчейн. Блокчейн представляет собой цепь блоков, содержащих информацию о взаимодействии участников некой одноранговой сети. Изначально созданный для операций с криптовалютой, блокчейн стал самостоятельной платформой, позволяющей реализовать прозрачный и надежный обмен информацией внутри некоторой сети без участия третьих сторон. И если блокчейн Биткойна предназначен для операций с криптовалютой, то блокчейн Ethereum предоставляет механизм смарт-контрактов — заранее запрограммированных и автоматически выполняющихся операций по взаимодействию узлов сети [7, 8]. Технология блокчейн имеет потенциал для использования в медицине, банковском деле и образовании [9–11]. В частности, на основе Ethereum был создан образовательный проект EduCTX [12]. Свойства блокчейна позволяют развернуть его на системе с большим количеством пользователей, в которой необходима точность и надежность в передаче и подтверждении данных. Такой системой может быть образовательная среда учебного заведения.

В образовательной системе, построенной на основе сети блокчейна, описанные выше задачи берет на себя сам блокчейн. Документирование происходящих в системе событий происходит автоматически, а значит, нет необходимости выстраивать логику формирования отчетов об учебном процессе. Механизм смарт-контрактов позволяет запрограммировать, какие именно данные можно сохранять, как их трактовать и отображать в удобном для пользователя виде [13, 14].

Важно также отметить, что в приведенных выше системах оценка учащемуся выставляется на основании выполнения ограниченного набора учебных заданий. Используя существующий функционал, трудно собрать воедино все детали учебного прогресса каждого учащегося. В системе, которую можно построить с использованием блокчейна, каждое действие пользователя подробно документируется. Таким образом, система предоставляет максимально полную картину учебного прогресса каждого учащегося, что потенциально повышает точность оценивания.

В данной работе приводится экспериментальная разработка системы управления учебным процессом онлайн-обучения, основанной на технологии блокчейн.

### Описание модели системы

Рассмотрим образовательный процесс с точки зрения документирования. Предположим, что в системе управления обучением существует функциональный блок, ответственный за формирование отчетов. На вход блока поступает поток разнородных данных. Пусть  $\mathbf{A} = \{\mathbf{a}_i\}$  — массив учащихся,  $\mathbf{R} = \{\mathbf{r}_j\}$  — массив

---

<sup>1</sup> Создание и запуск курса Open edX — Документация Создание и запуск курса Open edX [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.lms.tpu.ru/projects/open-edx-building-and-running-a-course/ru/latest/>, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 25.05.2019).

учебных заданий. Тогда оценки за задания будут представлять собой матрицу  $\mathbf{K} = \{\mathbf{K}_{i,j}\}$ ;  $\mathbf{T} = \{t_{i,j}\}$  — матрица отрезков времени, затраченного учащимися на решение заданий.

Базовый отчет, содержащий информацию о выполнении заданий, будет содержать в качестве входных данных информацию об учащихся (идентификатор), статусы заданий (оценки или маркеры завершенности) и время, потраченное на решение. Отчет можно представить в виде матрицы  $\mathbf{U} = \{\mathbf{u}_{i,j}\}$ , каждый элемент которой представляет собой функцию:

$$\mathbf{u}_{i,j} = f(a_i, t_{i,j}, k_{i,j}).$$

Здесь и далее под функцией понимается программный код, который необходимо самостоятельно написать разработчику для учета всех параметров, входящих в финальный отчет.

При использовании блокчейна учащиеся образуют одноранговую сеть, и все взаимодействия внутри сети записываются в блокчейн. Информация о параметрах времени и идентификаторы учащихся автоматически документируются, и формирование отчета представляется матрицей  $\mathbf{U}' = \{\mathbf{u}_{i,j}'\}$ , каждый элемент которой является функцией только одной переменной:

$$\mathbf{u}_{i,j}' = f(k_{i,j}).$$

Рассмотрим другой отчет — статистику решений по заданиям. В отчете отражается средняя оценка по каждому заданию (или процент выполнивших задание — в том случае, если оно оценивается по принципу «зачтено — не зачтено»).

В этом случае отчет представляет собой матрицу  $\mathbf{V} = \{\mathbf{v}_j\}$  с элементами, являющимися функциями:

$$\mathbf{v}_j = f(k_{i,cp}, \mathbf{A}),$$

где  $k_{i,cp}$  — средняя оценка за задание  $j$  (или процент выполнивших задание — в том случае, если оно оценивается по принципу «зачтено — не зачтено»),  $\mathbf{A}$  — массив учащихся.

В этом случае для системы, основанной на блокчейне, элементы матрицы  $\mathbf{V}' = \{\mathbf{v}_j'\}$  принимают вид функций:

$$\mathbf{v}_j' = f(k_{i,cp}).$$

Аналогичным образом можно рассмотреть и другие виды отчетов, предусмотренных в современных LMS (Learning Management System — система управления обучением). Так или иначе все они используют информацию о времени выполнения заданий и/или об учащихся. Поэтому применение технологии блокчейн упрощает документирование учебного процесса.

### Постановка эксперимента

Рассмотрим формирование отчета о событиях в образовательной системе, основанной на блокчейне. Отчет представляет собой список записей о событиях. Каждая запись включает в себя идентификатор инициатора события, время события, а также иные данные, уникальные для разных типов событий. Для данной работы использовался блокчейн Ethereum, поскольку он позволяет разработчикам создавать децентрализованные приложения. В реальном Ethereum за любую операцию требуется произвести оплату во внутренней валюте («эфире»), поэтому для экспериментального исследования была выбрана тестовая сеть.

Входные данные эксперимента получены из курса «Дизайн и верстка полиграфической продукции в CorelDRAW» на сайте дистанционного обучения «Образовательный центр компьютерного проектирования и дизайна Университета ИТМО»<sup>1</sup>. Администратор сайта предоставил следующие отчеты о работе системы:

- список пользователей с датами первого и последнего входа в систему;
- табель успеваемости со списком оценок всех учащихся по всем элементам курса;
- лог всех событий курса, включающий в себя все действия пользователей в системе.

Все отчеты были представлены в формате файлов Excel. После удаления повторяющихся строк из табеля успеваемости список учащихся составил 272 учетные записи. Для увеличения выборки учащихся было использовано приложение AnyLogic. AnyLogic позволяет провести имитационное моделирование. Для целей эксперимента были вычислены вероятности для каждой оценки, полученной учащимися в течение прохождения курса. С использованием значений этих вероятностей был смоделирован список оценок для 500 дополнительных учащихся.

Текст смарт-контракта был написан и скомпилирован в онлайн-компиляторе Remix. Описание смарт-контракта включало в себя следующие компоненты:

- событие logTask для факта выполнения учащимся учебного задания. Событие принимает в качестве аргументов номер задания, оценку, время события и адрес учащегося внутри сети блокчейн;

<sup>1</sup> Образовательный центр компьютерного проектирования и дизайна Университета ИТМО [Электронный ресурс]. Режим доступа: ИТМО <https://design.ifmo.ru/>, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 18.07.2019).

— событие `logEvent` для факта действия пользователя в системе, такого как просмотр пользователем страницы или загрузка файла. Событие принимает в качестве аргументов название действия, время действия и адрес учащегося внутри сети блокчейн;

— метод `setrating()`, принимающий в качестве аргументов номер задания и оценку. Метод инициирует событие `logTask`, передавая в него два полученных аргумента, а также время создания блока и адрес автора транзакции;

— метод `setevent()`, принимающий в качестве аргумента название действия, например, «page view». Метод инициирует событие `logEvent`, передавая в него полученный аргумент, а также время создания блока и адрес автора транзакции.

На рис. 1 изображен процесс записи события в блокчейн. На рис. 2 — процесс формирования отчета по требованию пользователя на основе ранее записанного события.

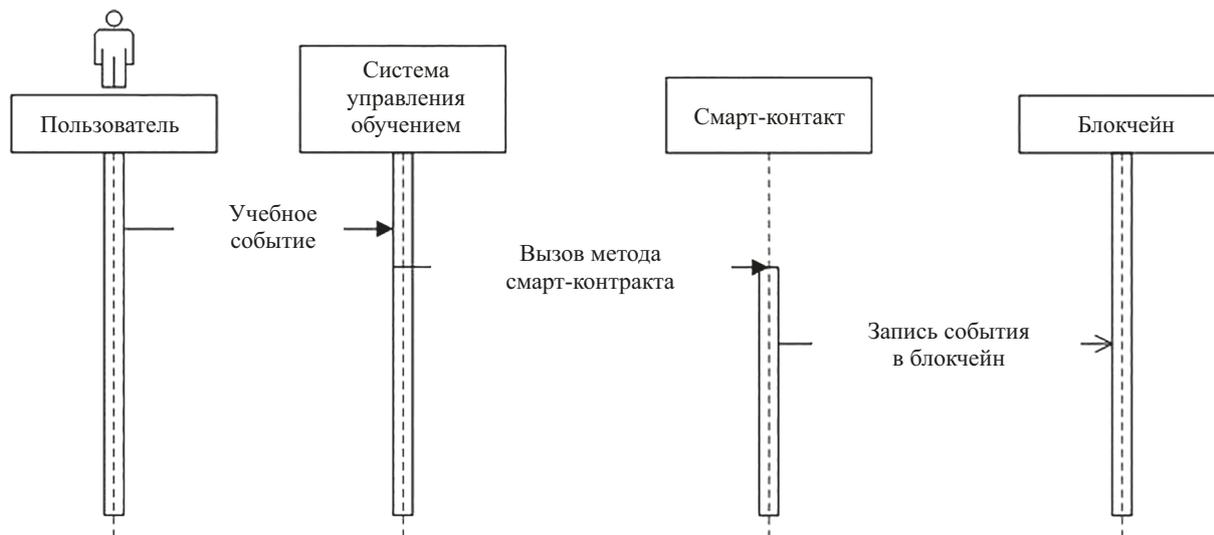


Рис. 1. Схема записи в блокчейн события выполнения задания

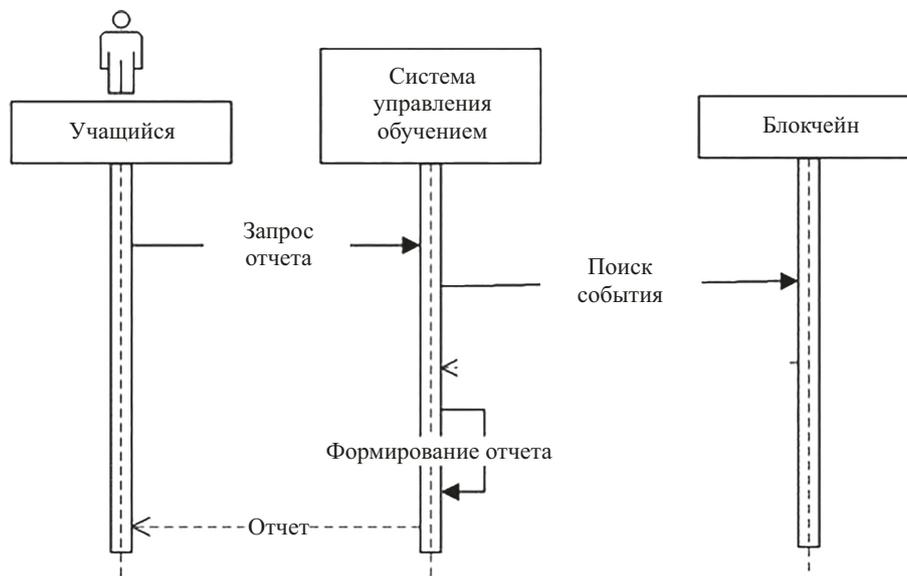


Рис. 2. Схема формирования отчета

Работа в блокчейне проводилась с помощью утилиты `geth` («go ethereum»). В ней был запущен майнинг в тестовой сети блокчейна `dev`. Затем в другом экземпляре `geth` была запущена и подключена к сети специальная консоль для ввода команд. В ней в блокчейне был развернут описанный выше смарт-контракт и несколько раз вызваны его методы с разными аргументами. Вызов методов контракта соответствует событиям потенциальной образовательной среды. Далее в консоли был вызван список зарегистрированных в блокчейне событий; их аргументы были извлечены в программу «блокнот». На рис. 3 в виде схемы показан процесс загрузки данных смарт-контрактом в блокчейн и последующее извлечение данных из блокчейна консолью `geth`.

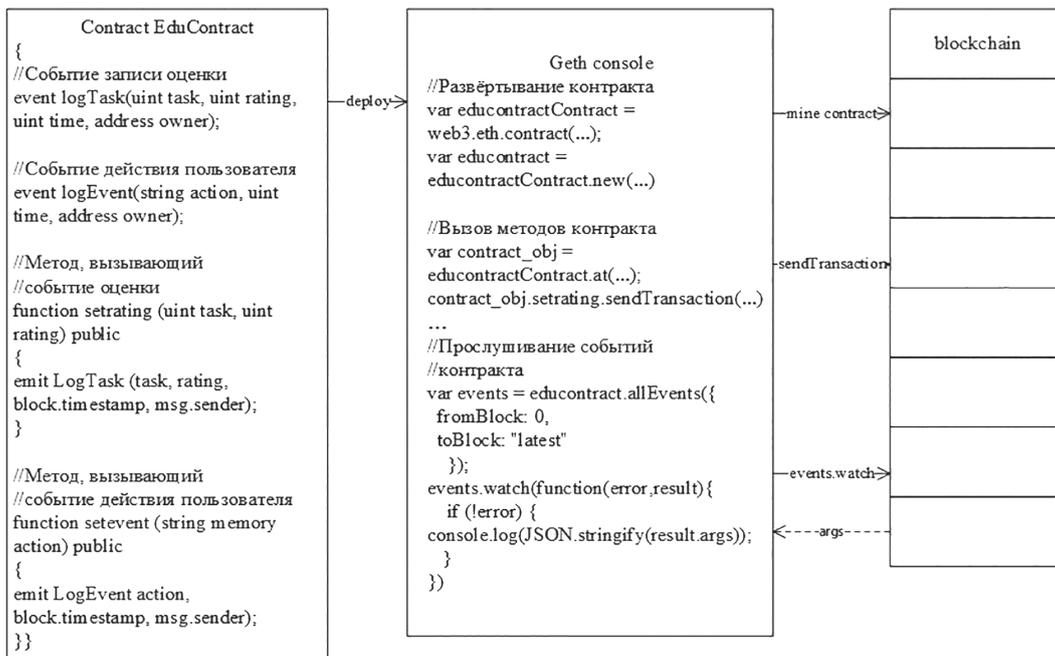


Рис. 3. Схема работы приложения

### Обсуждение и анализ результатов эксперимента

В данной работе были использованы данные из трех файлов-отчетов системы дистанционного обучения «Образовательный центр компьютерного проектирования и дизайна Университета ИТМО». Файлы имеют разную структуру и отражают различные стороны работы системы.

На рис. 4 предоставлен отчет о четырех событиях, скопированный в «блокнот».

```

{"rating": "67", "owner": "0xff2999f3335ea3549d3106cd1d03e1b5bdb3991e", "task": "1", "time": "1563404542"}
{"action": "upload file", "owner": "0xff2999f3335ea3549d3106cd1d03e1b5bdb3991e", "time": "1563404549"}
{"rating": "93", "owner": "0xf83d4e53a82e3cdb95c74d843d76dd46e963766", "task": "1", "time": "1563404806"}
{"action": "page view", "owner": "0xf83d4e53a82e3cdb95c74d843d76dd46e963766", "time": "1563404817"}
    
```

Рис. 4. Отчет о событиях в системе

Один отчет содержит по два события двух видов: получение оценки и действие пользователя. Как видно из хода исследования, для создания подобного единого отчета от разработчика потребовалось лишь указать количество и тип необходимых параметров события.

Проведенное исследование позволяет говорить о следующих преимуществах блокчейна как инструмента регистрации событий учебного процесса:

- блокчейн предоставляет максимально подробный отчет о действиях пользователей, что дает преподавателю дополнительную информацию о деталях учебного прогресса учащихся и позволяет повысить точность оценивания. К примеру, система может показать, сколько времени учащийся потратил на задание, с какой попытки выполнил его, какими материалами курса пользовался в процессе выполнения. По этим параметрам преподаватель может оценить качество и добросовестность проделанной работы, а не только непосредственно само задание;

- для записи событий в отчет не нужно разрабатывать единую модель данных. Как было показано выше, в смарт-контракте не указано специальных структур данных для хранения учебной информации. Потенциально возможно описание любого количества событий с разным набором аргументов. Все события записываются в единый реестр и хранятся в унифицированном виде;

- два аргумента события — инициатор и время — блокчейн регистрирует самостоятельно, разработчику не нужно специально их описывать;

- блокчейн берет на себя защиту информации; записанные в него данные невозможно изменить.

В качестве демонстрации преимуществ системы можно привести формирование оценки одной из слушательниц курса дополнительного профессионального образования, рассмотренного в данной работе. Система дистанционного обучения (СДО) зафиксировала удовлетворительные оценки по проверочным тестам, а также список страниц сайта СДО, посещенных слушательницей, с указанием дат этих действий. По этим данным трудно судить о реальных результатах обучения. В то же время экспертная оценка руководителя дипломной работы слушательницы дала больше информации. Преподаватель указал на предварительную

самостоятельную подготовку учащейся, ее высокую личную мотивацию, добросовестность, открытость критике и готовность к многократным доработкам дипломного проекта. Система, основанная на блокчейне, может предоставлять такую информацию автоматически. Для этого необходимо включить в обучение предварительный тест, а также зарегистрировать следующие события:

- все попытки прохождения тестов с указанием того, удачны они или нет;
- все случаи загрузки файлов в систему с комментариями учащегося и преподавателя.

Все события должны содержать дату и время. Таким образом, точность в оценивании работы учащихся повысится и по своей объективности приблизится к оценке, данной человеком на основе личного общения.

Следующим шагом в исследовании предполагается создание пользовательского интерфейса для большей наглядности данных.

### Заключение

В данной работе был проведен анализ существующих систем управления обучением с точки зрения документирования и формирования отчетности. Был проведен обзор технологии блокчейн как метода, позволяющего упростить решение этих задач. Была описана модель формирования отчетов в образовательных системах, не использующих технологию блокчейн, и в системе, использующей блокчейн для сбора данных об учебном процессе. Полученные результаты позволяют говорить о преимуществах внедрения технологии блокчейн в образование в области формирования отчетности, таких как упрощение процесса формирования отчетов и, как следствие, увеличение прозрачности и управляемости учебного процесса в целом. В настоящей работе реализована генерация отчетов об успеваемости и о действиях учащихся с использованием блокчейна Ethereum. В перспективе приведенная методика предоставляет широкие возможности для управления учебным процессом. Дальнейшая работа в этой области может быть посвящена реализации полного функционала системы управления обучением, основанной на технологии блокчейн.

### Литература

1. Len-Urritia M., Cobos R., Dickens K. MOOCs and their influence on higher education institutions: Perspectives from the insiders // *Journal of New Approaches in Educational Research*. 2018. V. 7. N 1. P. 40–45. doi: 10.7821/naer.2018.1.252
2. State of MOOC 2017: A year of privatized and open education growth. Online course report [Электронный ресурс]. URL: <https://www.onlinecoursereport.com/state-of-the-mooc-report/>, свободный. Яз. англ. (дата обращения: 25.05.2019).
3. Jia M., Gong D., Luo J., Zhao J., Zheng J., Li K. Who can benefit more from massive open online courses? A prospective cohort study // *Nurse Education Today*. 2019. V. 76. P. 96–102. doi: 10.1016/j.nedt.2019.02.004
4. Открытое образование – Методы и алгоритмы теории графов [Электронный ресурс]. URL: <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/AGRAPH/>, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 25.05.2019).
5. Nagi K. Using learning analytic tools to enhance quality of hands-on-activities in online technology courses // *Universal Journal of Educational Research*. 2019. V. 7. N 4. P. 1084–1089. doi: 10.13189/ujer.2019.070420
6. Статистика и отчет по курсу – Справочный центр Stepik [Электронный ресурс]. URL: <https://support.stepik.org/hc/ru/articles/360000159913-Статистика-и-отчеты-по-курсу>, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 25.05.2019).
7. Прасти Н. Блокчейн. Разработка приложений: Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 256 с.: ил.
8. Ethereum Project [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ethereum.org/>, свободный. Яз. англ. (дата обращения: 25.05.2019).
9. Mamoshina P., Ojomoko L., Yanovich Y., Ostrovski A., Botezatu A., Prikhodko P., Izumchenko E., Aliper A., Romantsov K., Zhebrak A., Ogu I.O., Zhavoronkov A. Converging blockchain and next-generation artificial intelligence technologies to decentralize and accelerate biomedical research and healthcare // *Oncotarget*. 2018. V. 9. N 5. P. 5665–5690. doi: 10.18632/oncotarget.22345
10. Taylor P.J., Dargahi T., Dehghantanha A., Parizi R.M., Choo K.-K.R. A systematic literature review of blockchain cyber security // *Digital Communications and Networks*. 2019. (in press). doi: 10.1016/j.dcan.2019.01.005

### References

1. Len-Urritia M., Cobos R., Dickens K. MOOCs and their influence on higher education institutions: Perspectives from the insiders. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 40–45. doi: 10.7821/naer.2018.1.252
2. *State of MOOC 2017: A year of privatized and open education growth. Online course report*. Available at: <https://www.onlinecoursereport.com/state-of-the-mooc-report/> (accessed: 25.05.2019).
3. Jia M., Gong D., Luo J., Zhao J., Zheng J., Li K. Who can benefit more from massive open online courses? A prospective cohort study. *Nurse Education Today*, 2019, vol. 76, pp. 96–102. doi: 10.1016/j.nedt.2019.02.004
4. *Open education – Graph theory methods and algorithms*. Available at: <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/AGRAPH/> (accessed: 25.05.2019). (in Russian)
5. Nagi K. Using learning analytic tools to enhance quality of hands-on-activities in online technology courses. *Universal Journal of Educational Research*, 2019, vol. 7, no. 4. pp. 1084–1089. doi: 10.13189/ujer.2019.070420
6. *Statistics and course report – Stepik Reference Centr*. Available at : <https://support.stepik.org/hc/ru/articles/360000159913-Статистика-и-отчеты-по-курсу> (accessed: 25.05.2019). (in Russian)
7. Prusty N. *Building blockchain projects*. Packt Publishing Ltd, 2017, 266 p.
8. *Ethereum Project*. Available at: <https://www.ethereum.org/> (accessed: 25.05.2019).
9. Mamoshina P., Ojomoko L., Yanovich Y., Ostrovski A., Botezatu A., Prikhodko P., Izumchenko E., Aliper A., Romantsov K., Zhebrak A., Ogu I.O., Zhavoronkov A. Converging blockchain and next-generation artificial intelligence technologies to decentralize and accelerate biomedical research and healthcare. *Oncotarget*, 2018, vol. 9, no. 5, pp. 5665–5690. doi: 10.18632/oncotarget.22345
10. Taylor P.J., Dargahi T., Dehghantanha A., Parizi R.M., Choo K.-K.R. A systematic literature review of blockchain cyber security. *Digital Communications and Networks*, 2019. (in press). doi: 10.1016/j.dcan.2019.01.005
11. Grech A., Camilleri A.F. *Blockchain in education*. Joint Research Centre (Seville site), 2017, JRC108255. doi: 10.2760/60649

11. Grech A., Camilleri A.F. Blockchain in education. Joint Research Centre (Seville site), 2017. JRC108255. doi: 10.2760/60649
12. Turkanović M., Hölbl M., Košič K., Heričko M., Kamišalić A. EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform // *IEEE Access*. 2018. V. 6. P. 112–5127. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2789929
13. Cong L.W., He Z. Blockchain disruption and smart contracts // *Review of Financial Studies*. 2019. V. 32. N 5. P. 1754–1797. doi: 10.1093/rfs/hhz007
14. Hegedus P. Towards analyzing the complexity landscape of solidity based ethereum smart contracts // *Technologies*. 2019. V. 7. N 1. P. 6. doi: 10.3390/technologies7010006
12. Turkanović M., Hölbl M., Košič K., Heričko M., Kamišalić A. EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform. *IEEE Access*, 2018, vol. 6, pp. 112–5127. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2789929
13. Cong L.W., He Z. Blockchain disruption and smart contracts. *Review of Financial Studies*, 2019, vol. 32, no. 5, pp. 1754–1797. doi: 10.1093/rfs/hhz007
14. Hegedus P. Towards analyzing the complexity landscape of solidity based ethereum smart contracts. *Technologies*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 6. doi: 10.3390/technologies7010006

#### Авторы

**Зими́на Дина Викторовна** — преподаватель, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-9044-7292, dina.zimina@gmail.com

**Му́ромцев Дми́трий Ильи́ч** — кандидат технических наук, доцент, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 55575780100, ORCID ID: 0000-0002-0644-9242, d.muromtsev@gmail.com

#### Authors

**Dina V. Zimina** — Lecturer, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-9044-7292, dina.zimina@gmail.com

**Dmitry I. Mouromtsev** — PhD, Associate Professor, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 55575780100, ORCID ID: 0000-0002-0644-9242, d.muromtsev@gmail.com