

УДК 004.5:[378+37.06]

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Статья поступила в редакцию 19.05.2018, в окончательном варианте – 21.11.2018.

Жукова Людмила Вячеславовна, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Российская Федерация, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; ЗАО «ЕС-лизинг», 117587, Российская Федерация, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125, стр. 1, старший преподаватель, бизнес-аналитик, e-mail: lvzhukova@ec-leasing.ru

Кирюшина Анастасия Алексеевна, ЗАО «ЕС-лизинг», 117587, Российская Федерация, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125, стр. 1,

кандидат экономических наук, старший бизнес-аналитик, e-mail: akiryushina@ec-leasing.ru

Ковальчук Иван Михайлович, ЗАО «ЕС-лизинг», 117587, Российская Федерация, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125, стр. 1,

бизнес-аналитик, e-mail: ikovalchuk@ec-leasing.ru

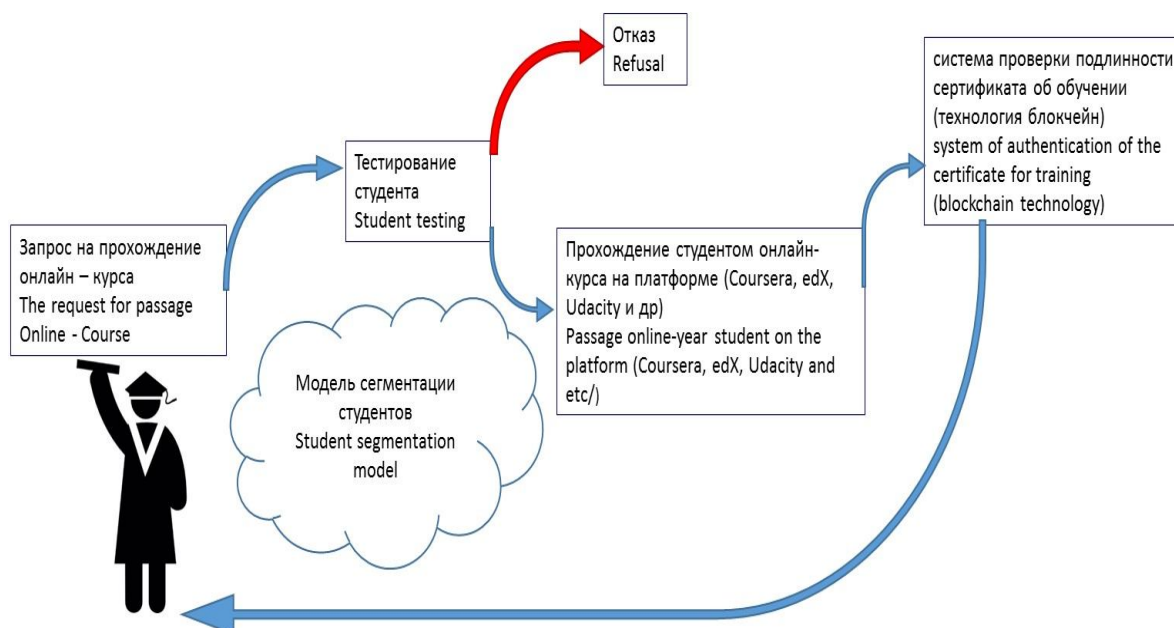
Рузаева Анастасия Вадимовна, компания ABBYY, бизнес-центр «Отрадный», 127273, Российская Федерация, г. Москва, ул. Отрадная, 2Б, стр. 6,

HR менеджер, e-mail: guzaeva.95@gmail.com

Исследованы проблемы, существующие в системе дистанционного образования, причины их возникновения, возможные подходы к преодолению. Рассмотрен пример применения кластерного анализа для дифференциации лиц, прошедших машинное обучение в форме дистанционного образования. Дано описание технологии блокчейн, адаптированной для реализации контрольных функций системы дистанционного образования. На примере данных о результатах опроса студентов Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» методом машинного обучения были получены кластеры для групп студентов – потенциальных пользователей онлайн-курсов в отношении уровней их конверсии при прохождении обучения. Определены ключевые факторы, влияющие на попадание студентов в группы лиц, которые успешно/неуспешно осваивают онлайн-курсы. Эти данные могут быть использованы с целью прогнозирования результатов обучения для конкретных студентов, их отбора для дистанционного образования, возможно – для индивидуального адаптивирования обучающих курсов. По результатам исследования даны рекомендации по повышению результативности проведения онлайн-курсов, основанных на использовании методов машинного обучения и блокчейн.

Ключевые слова: дистанционное образование, машинное обучение, пользователи массовых онлайн-курсов, обучение в дистанционной среде, дифференцирование пользователей, кластерный анализ, блокчейн, информационные технологии, прогнозирование

Графическая аннотация (Graphical annotation)



ONLINE EDUCATION SYSTEM EFFICIENCY IMPROVEMENT
BY THE MEANS OF MACHINE LEARNING AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

The article was received by editorial board 19.05.2018, in the final version – 20.11.2018.

Zhukova Lyudmila V., National Research University of Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya St., Moscow, 101000, Russian Federation; JSC “EC-leasing”, 125 Warshavskoye Shosse, 1 Building, Moscow, 117405, Russian Federation,

Senior Lecturer, Business Analyst, e-mail: lvzhukova@ec-leasing.ru

Kiryushina Anastasia A., JSC “EC-leasing”, 125 Warshavskoye Shosse, 1 Building, Moscow, 117405, Russian Federation,

Cand. Sci. (Economics), Senior Business Analyst, e-mail: akiryushina@ec-leasing.ru

Kovalchuk Ivan M., JSC “EC-leasing”, 125 Warshavskoye Shosse, 1 Building, Moscow, 117405, Russian Federation,

e-mail: ikovalchuk@ec-leasing.ru

Ruzaeva Anastasia V., ABBYY Company, 127273, Moscow, 2B Otradnaya St., 6 Building, Business Center “Otradny”, Russian Federation,

Human Resources Manager (HR Manager), e-mail: ruzaeva.95@gmail.com

The article studies the problems associated with distance education, the reasons for their occurrence and the ways to solve them. The study considers an example of cluster analysis implementation to differentiate those students who got distance education based on machine learning methods; and describes the blockchain technology adapted for the implementation of the control functions of the system of distance education. To obtain clusters for potential online courses users in accordance with their level of conversion during the training a special survey was conducted on the students of the National Research University “Higher School of Economics” by method of machine learning. The survey also allowed to identify the key factors governing the distribution of students into groups of those who successfully/not successfully complete online courses. These data can be used to forecast the progress of certain students in training, to decide which students to recommend for distance training and – potentially – to individually adapt the training courses. Following the results of the research, recommendations are given to improve the effectiveness of online courses based on machine learning, blockchain technology and other modern forms of work with data.

Keywords: distance education, machine learning, mass users, distance learning, users differentiation, cluster analysis, blockchain, information technologies, forecasting

Введение. Современное поколение людей живет в эпоху постоянных изменений и поступления интенсивных потоков информации. При таких условиях необходима адаптация к изменяющимся условиям на основе получения и использования значительных объемов информации; регулярного приобретения новых знаний и навыков. Таким образом, для многих людей непрерывное обучение может являться насущной необходимостью для сохранения и улучшения их конкурентоспособности на рынке труда. При этом «очное» образование с «отрывом от производства», а также «вечернее» образование, являются малодоступными в силу характера производственной деятельности, социальной нагрузки и пр. Для школьников и студентов вузов использование дистанционного образования (ДО) может быть полезным для получения дополнительных знаний, организации обучения во внеаудиторной форме и пр.

Для вузов использование ДО может быть эффективным средством снижения нагрузки на аудиторный фонд, уменьшения аудиторной нагрузки на преподавателей.

С развитием Интернета и информационно-телекоммуникационных технологий значительно расширились возможности получения ДО. Кроме того, появились эффективные средства для построения индивидуальных траекторий обучения, в том числе и для ДО. Несмотря на большое количество публикаций по тематике ДО, некоторые вопросы оценки и прогнозирования результатов обучения в такой форме остаются исследованными недостаточно полно. Это касается, в частности, «кластеризации обучаемых» и использования технологии «блокчейн». Поэтому целью данной работы является попытка устранить указанный недостаток.

Общая характеристика проблематики работы. Одним из новых направлений профессионального стационарного обучения является ДО, в рамках которого реализуются массовые онлайн-курсы (МООК в русскоязычной транскрипции, МООС – в англоязычной транскрипции). Они появились сравнительно недавно и продолжают набирать популярность из года в год [17, 21]. Дистанционные курсы предлагаются многими университетами мира. Они востребованы у школьников, студентов и специалистов, желающих повысить свой уровень. Миллионы людей ежедневно начинают учить иностранный язык с помощью онлайн-курсов системы дистанционного образования (СДО). Однако использование СДО имеет и некоторые проблемы, исследуемые далее.

Актуальность данного исследования можно рассматривать с двух точек зрения. С теоретической точки зрения, несмотря на активно ведущиеся дискуссии на тему методологии использования ДО, прин-

ципы взаимодействия СДО с разными пользовательскими группами исследованы слабо и нуждаются в дальнейшей разработке. С практической точки зрения важно то, что в данной работе предпринимается попытка проанализировать «портреты» потребителей услуг СДО; выявить те их характеристики, которые будут являться значимыми при прогнозировании результатов обучения в электронной среде; рассмотреть формы контроля, позволяющие при внедрении СДО добиться лучших результативных показателей [24].

Использование «методов машинного обучения» (ММО) при организации использования СДО и анализе его результатов имеет, по мнению авторов, высокую практическую значимость. По сравнению с традиционными методами преимуществами ММО являются следующие: точность; автоматизированность; скорость обработки данных (в том числе «больших данных»); масштабируемость. Рассмотрим возможности применения этих методов, начав с постановки задачи.

Постановка задачи. В виде схемы она представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – К постановке задачи использования СДО

Как видно из этого рисунка, в отношении использования СДО задействованы следующие элементы (виды объектов):

- входные данные о предметной области СДО (пользователи онлайн-курсов и их характеристики);
- алгоритм работы СДО (документы, регламентирующие функционирование СДО);
- ожидаемый результат, цель исследования;
- участники решения задачи (исследователи);
- задачи.

Конкретной целью данного исследования является выявление направлений, в рамках которых внедрение различных современных технологий позволит улучшить результативность использования СДО, решив некоторые из существующих проблем.

Для достижения этой цели были определены следующие задачи:

- провести анализ предметной области для выявления проблемных сторон при использовании СДО, причин их возникновения.
- выбрать ММО и рассмотреть другие возможности применения современных технологий для решения выявленных проблем.

Машинное обучение представляет собой более совершенный, более «ориентированный на данные» подход к принятию решений. В отличие от систем на базе бизнес-правил, алгоритмы машинного обучения создают на основе данных свои собственные модели [2].

Анализ предметной области. В типичных случаях ДО построено на образовательных платформах. Они представляют собой образовательные сайты и используют электронную (цифровую) форму представления информации, в том числе для учебных и контрольно-тестовых материалов. Такие сайты обеспечивают необходимые возможности обучения с использованием размещенных на них программных средств и баз данных. Пользователями этих учебных материалов являются обучающиеся лица. При этом одним из основных «результативных» показателей СДО является «конверсия». Она представляет собой отношение двух показателей: «количества пользователей онлайн-курсов, закончивших обучение» к «общему количе-

ству пользователей онлайн-курсов, которые начали обучение по тем же курсам». Величина конверсии представляет собой долю от «1» и отражает эффективность учебной работы с использованием ДО.

Оценки конверсии возможны как по отдельным курсам, изучаемым в режиме ДО, так и по совокупности курсов, реализуемых вузом в таком режиме. В последнем случае целесообразно использовать взвешенное усреднение «конверсий» по отдельным курсам. В качестве взвешивающих коэффициентов представляется рациональным использовать количества лиц, завершивших обучение по соответствующим курсам.

Причинами «незавершения» обучения по курсу могут быть следующие: неправильная (обычно заниженная) априорная оценка сложности и/или трудоемкости обучения; изменение системы мотивационных критериев обучающегося, например, в связи с переходом на другую работу; изменение уровня социальной нагрузки обучающихся лиц, например, в связи с появлением больных родственников, за которыми надо ухаживать; ухудшение собственного состояния здоровья и пр.

На основе анализа публикаций и исследований по теме настоящей статьи можно выявить сильные и слабые стороны использования СДО [9], в т.ч. для МООК. Сильные стороны помогают привлечь большую целевую аудиторию; помочь в формировании стратегии роста совместно с возможностями, которые предоставляются рынком интернет-образования. Анализ слабых сторон – это выявление основных проблемных зон, на которых нужно сконцентрировать особое внимание, исследовать и улучшать соответствующие показатели.

В литературе указываются следующие слабые стороны в отношении применения СДО [3, 6, 8]:

- нет четкого регламента использования СДО, в том числе графика изучения отдельных модулей и прохождения по ним тестов (однако в ряде вузов и корпоративных структур такие графики используются);
- в недостаточной степени отрегулированы «авторские права» разработчиков на электронные курсы и/или контрольно-тестовые материалы по ним [5];
- между вузами России не налажен обмен учебными материалами, используемыми в рамках СДО (это приводит к параллелизму в разработке материалов по одним и тем же курсам в разных вузах);
- часто отсутствует стратегия внедрения СДО в учебный процесс, в том числе в отношении контингента, который может обучаться по программам «дополнительного профессионального образования»;
- низкие темпы обеспечения образовательных учреждений новыми информационно-коммуникационными технологиями (аппаратными и программными средствами), которые бы эффективно обеспечивали возможности использования СДО;
- дефицит квалифицированных разработчиков учебных курсов (здесь важны не только технические навыки по формированию курсов, но и методическая подготовка, учитывающая специфику проведения занятий с использованием СДО);
- недостаточно высокая и/или недостаточно устойчивая мотивация обучаемых к получению знаний с использованием СДО (это и приводит к низкой конверсии);
- отсутствие должного автоматизированного контроля за самостоятельностью выполнения обучающимися тестовых заданий в процессе обучения и по их итогам (использование для этой цели видеорекамер возможно, но в ряде случаев оказывается недостаточно эффективным);
- отсутствие у обучаемых понимания того, какова будет польза от курсов, что они должны будут получить в итоге (это снижает их мотивацию к обучению);
- недостаточная «внутренняя дисциплина» обучаемых, что мешает им заниматься по СДО на регулярной основе (как следствие, нарушается «временная последовательность» изучения материала).

Из всего перечня проблем в онлайн-обучении (обучении с использованием СДО) сфокусируем внимание на основных: по статистике из 100 % зарегистрированных пользователей на курс заканчивают обучение по нему лишь 5 % [9]; важны также вопросы контроля процесса обучения, объективной оценки его результатов.

В частности, объективные результаты промежуточного контроля по ходу изучения курса позволяют использовать алгоритмы адаптивного обучения, т.е. его «индивидуальной подстройки» под особенности обучаемых.

Далее рассмотрим в качестве примера реальное исследование функционирования СДО с использованием методов машинного обучения.

Выбор методов машинного обучения и другие возможности применения современных технологий. Для анализа причин возникновения проблем в процессе СДО проводилось статистическое исследование пользователей (обучаемых) с использованием ММО. Суть этих методов состоит в поиске скрытых закономерностей. На основании результатов применения ММО ниже описан один из возможных вариантов решения проблемы низкой конверсии у студентов вузов (доли студентов, завершающих обучение по учебным курсам в рамках использования СДО).

Рассматривая студентов вузов, речь идет об однородной по социальным показателям группе – близкие по возрасту, как правило, не старше 22 лет и без детей. Таким образом, среди факторов низкой конверсии в данной целевой группе больший интерес представляют собой психологические и социаль-

ные стороны жизни. Эта группа представляет интерес для исследования в связи с постепенным внедрением онлайн-обучения во все формы образовательного процесса [13].

Целесообразно использование двух точек «контроля и отбора»:

- на этапе начала обучения в виде отбора пользователей СДО (обучающихся лиц) по совокупности некоторых критериев, позволяющих априорно оценить вероятность успешного завершения ими обучения;

- в процессе обучения – в виде новой системы контроля.

На этапе «отбора пользователей» СДО для построения «решающих правил» авторы статьи считают целесообразным применить «методы кластеризации» и «методы социологии».

Для этапа контроля по ходу обучения авторами определен круг задач, решение которых возможно с внедрением системы «блокчейн» – как высоконадежного способа контроля передачи информации.

Далее эти два этапа характеризуются более подробно.

Применение современных технологий на этапе отбора пользователей СДО. Для отбора необходимо определить ключевые характеристики объектов (потенциальных обучающихся), которые влияют на целевой показатель. Формирование характеристик пользователей СДО основывалось на изучении выборки – учащихся факультета бизнес-информатики НИУ Высшей школы экономики. Основная причина использования в качестве объекта изучения именно этого контингента – этим студентам в первую очередь в учебный процесс внедряются онлайн-курсы в рамках концепции развития Высшей школы экономики.

Студенты факультета бизнес-информатики – это активные, успешные люди в сфере образования, которые могут добиваться поставленных целей и показывают результаты как в учебе, так и на работе.

Выявление структуры (категорий) обучаемых проводилось на основании анализа анкет, содержащих 4 блока вопросов:

- вовлеченность в предметную область;
- поведенческий анализ;
- мотивация к обучению;
- личностные характеристики человека.

Для того чтобы проанализировать данные показатели, были рассмотрены несколько видов профессиональных психологических тестов и отобраны из них два основных: «Мотивация достижения к успеху» Т. Элерса¹ и «Диагностика потенциала коммуникативной импульсивности» В. Лосенкова².

Всего анкета состояла из 24 вопросов: 11 вопросов социально-экономического содержания; 13 вопросов, отобранных из методик исследования психологических черт личности из методик «Мотивация достижения к успеху» Т. Элерса и «Диагностика потенциала коммуникативной импульсивности» В. Лосенкова.

Для того чтобы оценить, насколько активно респонденты используют образовательные порталы, были заданы следующие вопросы.

1) «Проходили ли Вы когда-нибудь онлайн-обучение?» Данный вопрос был задан в самом начале анкеты для того, чтобы выявить, подходит ли данный респондент для исследования.

2) «Когда Вы прошли свой первый онлайн-курс?»

Данные вопросы характеризуют респондента с точки зрения его заинтересованности в ДО по направлениям:

- поведенческий анализ;
- мотивация к обучению;
- личностные характеристики человека.

Поведенческий анализ. Вопросы, заданные для определения поведения при прохождении онлайн-курсов, представлены ниже:

«Сколько курсов Вы пробовали пройти?»

«Соотнесите, пожалуйста, количество курсов, которые Вы прошли, с их длительностью».

«Сколько курсов Вы закончили до конца? Укажите, пожалуйста, целое число».

Ответы на данные вопросы позволяют понять, как часто респонденты не оканчивают выбранный курс и как это связано с длительностью материала, которые предлагают образовательные сайты. Так, в результате анализа можно будет сделать вывод о том, какие курсы и какой длительности нужно вводить для того, чтобы их заканчивало большее количество учащихся.

Мотивация к обучению. Одним из главных пунктов анализа является выявление мотивации к обучению. Именно ответы на вопросы, представленные ниже, помогут понять, из какой области приходят получать дополнительную информацию, из-за чего не оканчивают курс, что считают важным при изучении.

¹<https://psyera.ru/6695/metodika-motivacii-k-uspehu-t-elers>

²<https://infopedia.su/7x9397.html>

«Что вас побудило изучать предметы онлайн?»

«Каковы были Ваши впечатления о пройденных курсах?»

«Каковы причины того, что Вы не закончили курс?»

«Что для Вас является самым важным при выборе обучающей программы на компьютере или в интернете?»

«Укажите, пожалуйста, направление курсов, которые Вы проходили».

«Про какие из этих сайтов Вы слышали или использовали для онлайн-обучения?»

Анализ данных показателей даст общее описание проблематики данной области и позволит дать рекомендации по изменению учебного процесса для того, чтобы процесс обучения онлайн стал более персонализированным и удобным для учащихся. Это в свою очередь позволит заканчивать обучение до конца, тем самым повышая конверсию на образовательных сайтах.

Личностные характеристики человека. По предварительному анализу, мотивация и целеустремленность – основные характеристики, которые помогают достигать определенных результатов не только в обучении и работе, но и в жизни [1, 7].

При разработке вопросов анкеты были использованы материалы об особенностях поведения учащихся [13]. Был выполнен расчет показателя конверсии для каждого обучающегося (K):

$$K = \frac{\text{Количество курсов, которые закончил респондент } i}{\text{количество курсов, которые закончил респондент } i} \quad (1)$$

По итогам опроса было получено 200 ответов респондентов. Из них примерно 75 % человек хотя бы раз проходили онлайн-обучение, и 90 % из начавших обучение не закончили хотя бы один курс. На основе полученных данных был произведен кластерный анализ обучающихся – с целью их классификации и разбиения на однородные по набору качеств группы. После проведенной кластеризации было рассчитано и изучено распределение значений конверсии, характерных для каждого кластера.

Суть проведенного кластерного анализа заключается в построении портретов студентов, описывающих их основные характеристики и поведение на платформах с привязкой к успешности освоения курсов.

В кластеризации участвовали следующие количественные и качественные переменные, характеризующие разные стороны личности учащегося и являющиеся взаимно независимыми:

- образовательные платформы, предоставляющие дистанционное обучение (Coursera, edX, Udacity, KhanAcademy, MIT OpenCourseWare, Eduson, Lingualo, Universarium, Интуит, Нетология);
- причины, по которым студенты изучают предметы онлайн (нужна информация по учебе/работе, личный интерес к теме курса, материал в университете объяснили не достаточно, отсутствие данного предмета в университете);
- причины, по которым студенты не заканчивают обучение (не хватает времени на дополнительное обучение, не понравилось содержание сайта, больше нравилась стандартная форма обучения);
- факторы, которые студенты считают важными при выборе дистанционного курса (понятное и доступное изложение материала, бесплатный курс, возможность растянуть во времени, наличие разнотипных занятий и заданий, известное имя автора курса, отзывы о сайте/курсе, внешний вид сайта, наличие версии на планшете или смартфоне, программа должна быть одобрена образовательным учреждением, вузом, институтом или академией);
- предметы, чаще всего изучаемые дополнительно с помощью онлайн-курсов (языки, программирование, курсы по программам, экономика, социальные науки, хобби и курсы личностного роста, математика);
- курс обучения в университете (с 1-го по 4-й курсы обучения);
- уровень мотивации (итоговый результат по опроснику по определению уровня мотивации Элерса);
- уровень целеустремленности (итоговый результат по опроснику по определению уровня коммуникативной импульсивности Лосенкова).

Возраст как переменная, имеющая малый разброс значений, не была использована.

Все показатели рассматривались как взаимно независимые, поскольку они характеризовали разные особенности обучающихся – социальный аспект, психологический, характеристики обучения.

В качестве ММО был выбран один из «неиерархических» методов кластеризации – метод k -средних.

Полное описание алгоритма k -средних можно найти в работе Хартигана и Вонга (Hartigan and Wong, 1978), а также в [6, 14]. В общем случае метод k -средних строит ровно « K » различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга, тем самым выделяя максимально обособленные группы, что подходит под задачу – выявить наиболее различные между собой группы студентов. Достоинства алгоритма k -средних:

- простота использования;
- быстрота использования;
- понятность и прозрачность алгоритма.

При реализации этого метода с помощью статистического пакета IBM SPSS Statistics Version 22 алгоритм начинается с «К» случайно выбранных кластеров, а затем изменяет принадлежность объектов к ним, чтобы: 1) минимизировать изменчивость внутри кластеров, и (2) максимизировать изменчивость между кластерами. При работе алгоритма вычисляются центры кластеров, которые считаются как координатные средние кластеров. В качестве меры расстояния используется одна из самых распространенных мер – евклидово расстояние (евклидова мера). Мера d между двумя векторами X и Y рассчитывается следующим образом:

$$d(X, Y) = \sum_{k=1}^m (X_k - Y_k)^2. \quad (2)$$

Затем группируются все объекты в пределах заданного от центра порогового значения по формуле:

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{x_j \in s_i} (x_j - \mu_i)^2, \quad (3)$$

где n – число кластеров; s_i – полученные кластеры, $i = 1, 2, \dots, n$ и μ_i – центры масс векторов $x_j \in s_i$ [14].

Так как одним из критериев качества кластеризации является отличие средних значений по кластерам, то наиболее оптимальный вариант разбиения, исходя из различий между кластерами, был выбран при 4-х кластерах.

Для оценки качества кластеризации был использован индекс силуэтной меры. Этот индекс используется в программе IBM SPSS Statistics по умолчанию как вариант показателя качества разбиения. Для метода k -средних силуэтная мера показывает различие между кластерами.

Силуэтная мера усредняет по всем кластеризуемым объектам величину:

$$\frac{(B-A)}{\max(A, B)}, \quad (4)$$

где A – это расстояние от центроида характеристик обучаемого до центра кластера, в котором находится обучаемый, а B – это расстояние указанной точки до центра ближайшего кластера, к которому она не принадлежит.

На рисунке 2 показан индекс силуэтной меры, близкий к «1». Он свидетельствует о том, что качество построенной модели является хорошим.

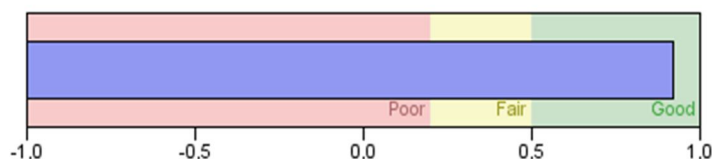


Рисунок 2 – Оценка качества построенной модели кластерного анализа

В результате деления обучаемых было получено четыре кластера. Каждый из них характеризует особенности пользователей СДО с точки зрения заинтересованности в дистанционном обучении, их результатов и мотивации учащихся.

Для более подробного анализа результаты кластеризации были обобщены с помощью MS Excel, на основе разбиения были определены значения средних характеристик в каждом кластере, вычислены количественные показатели, соответствующие кластерам, они представлены в таблице. Для удобства интерпретации были рассчитаны частоты по номинальным ответам и выбраны самые упоминаемые и имеющие большую долю среди опрошенных.

Таблица – Результаты кластерного анализа пользователей онлайн-курсов

Название характеристик	1-й кластер	2-й кластер	3-й кластер	4-й кластер
Изучаемые предметы (самые часто упоминаемые в кластере)	Программирование и математика (отмечено у 50 % респондентов)	Экономика (отмечено у 35 % респондентов)	Экономика (отмечено у 48 % респондентов)	Программирование (отмечено у 30 % респондентов)
Курс обучения	1 и 2 курс университета (отмечено у 72 % респондентов)	3 курс университета и часть 2 и 4 курса (отмечено у 84 % респондентов)	2 и 4 курс университета (отмечено у 64 % респондентов)	4-ый курс университета (отмечено у 52 % респондентов)
Уровень мотивации по Элерсу	Средний (отмечено у 44 % респондентов)	Параметр не является значимым	Высокий (отмечено у 43 % респондентов)	Низкий (отмечено у 73 % респондентов)

Продолжение таблицы

Причины выбора предмета	Личный интерес к теме курса (отмечено у 71 % респондентов)	Личный интерес к теме курса (отмечено у 94 % респондентов)	Требовался для учебы/работы (отмечено у 59 % респондентов)	Личный интерес к теме курса (отмечено у 65 % респондентов)
Факторы, повлиявшие на выбор онлайн-курса (самые часто упоминаемые в кластере)	Отзывы о сайте, бесплатность его использования, наличие версии для планшетов, качество интерфейса	Возможность растянуть обучение по курсу во времени, качество интерфейса, бесплатность	Возможность растянуть обучение во времени, интерфейс	Отзывы о курсе, бесплатность курса
Знание платформ, на которых проводятся онлайн-курсы (отмеченным большинством респондентов в кластере)	Знают и используют наиболее популярные платформы: Coursera, edx, Lingualeo, Интуит	Знают и используют наиболее популярные платформы: Coursera, edx, Lingualeo, Интуит	Знают практически все платформы, являются активными пользователями	Знают наиболее популярные платформы (Coursera, edx, Lingualeo), практически их не используют.
Впечатления по пятибалльной шкале от пройденных онлайн-курсов	Хорошие (среднее значение – 4,1)	Хорошие (среднее значение – 3,95)	Отличные (среднее значение – 4,6)	Удовлетворительные (среднее значение – 3,4)
Доля закончивших онлайн-курсы среди начавших	67 %	50%	80%	25%

Как видно из таблицы, получены характеристики активности обучения пользователей СДО на различных образовательных платформах. По результатам полученных характеристик определено (выделено) четыре «типа пользователей», которые представлены на рисунке 3.

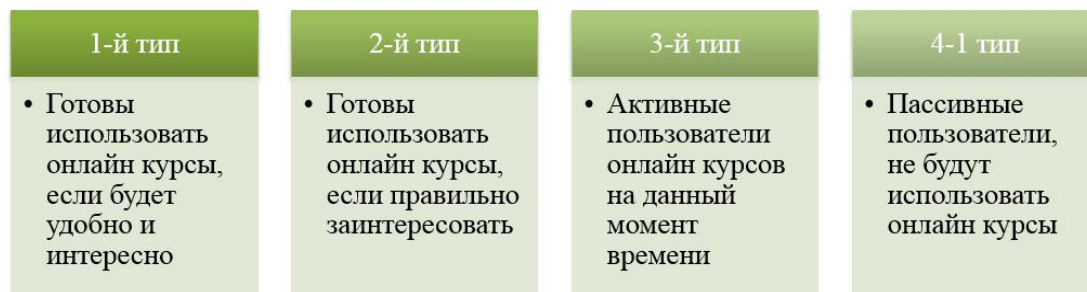


Рисунок – 3 Типизация пользователей онлайн-курсов

Таким образом, по результатам кластерного анализа и типизации пользователей онлайн-курсов определены следующие группы студентов: готовых использовать онлайн-курсы при определённых условиях; группы активных студентов; группы лиц, которые не станут (не хотят) использовать данный вид обучения.

На основе полученных результатов становится возможным решение основной проблемы, выявленной на этапе анализа предметной области. В ходе анализа причин, по которым ряд студентов не записываются на онлайн-курсы, следует обратить внимание не только на особенности самой личности учащегося и его успеваемость, но и на особенности сопровождения учащегося в процессе обучения.

По мнению авторов статьи, одно из решений данной проблемы – отбор на курс по некоторым параметрам. Исследование показало, что уровень целеустремленности и мотивированности имеет важное значение. Поэтому первый шаг – электронное анкетирование потенциальных учащихся для каждого курса с целью прогнозирования вероятности их отказа в процессе использования СДО для обучения по курсу.

Еще один шаг – сделать курсы не обязательными, устранив одну из причин «неоконченности» в кластере 3 (причина выбора курса – принуждение).

Таким образом, для отбора потенциальных участников с высокой вероятностью завершения обучения целесообразно использовать систему «тестирования личностных характеристик» потенциального пользователя с учетом показателей, характеризующих личность (уровень, целеустремленности, цель обучения и другие, см. таблицу), полученных в результате использования ММО.

Применение современных технологий в реализации контрольных функций в СДО. Вторая проблема, затронутая в начале статьи, – это достоверность сведений о фактически обучающемся лице и процессе его онлайн-обучения. К тому же, в рамках онлайн-обучения возможно прохождение отдельных курсов на сторонних ресурсах, т.е. не принадлежащих университету, в котором учится студент [18].

Поэтому возникает проблема проверки достоверности сертификатов обучающихся, хранения информации о таких сертификатах и, в случае передачи, обновления этой информации. А еще студент может принести сертификат о пройденном несколько лет назад курсе, и тогда достоверность сертификата может ставиться под сомнение.

Сложность организации системы контроля при СДО заключается в том, что она не может гарантировать проверку знаний, полученных студентом. Причины: у обучающегося существует возможность предпринять дополнительные действия для получения положительной (или более высокой) оценки: списывание, помощь товарища, использование учебников, справочников, использование интернет-ресурсов и др.

Для контроля и достоверности предоставляемой информации предлагается внедрить технологию «блокчейн» в систему обучения на этапе выдачи сертификатов о пройденном обучении [26].

Блокчейн – это база данных, которая одновременно хранится на множестве компьютеров – так называемых узлов или нодов – соединенных через Интернет в единую систему. Информация в ней сгруппирована по блокам, которые последовательно соединяются друг с другом. Новые блоки добавляются строго в конец цепочки, при этом внесенную ранее информацию невозможно удалить. Блокчейн построен на трех важных принципах: распределённость; открытость; защищенность [25].

Распределённость. Принцип распределенности заключается в отсутствии центральной базы данных.

Открытость. Каждый участник может посмотреть на записи в блоках данных.

Защищенность. Невозможно изменить данные в блоке.

Схема технологии блокчейн в виде цепочки блоков данных представлена на рисунке 4.

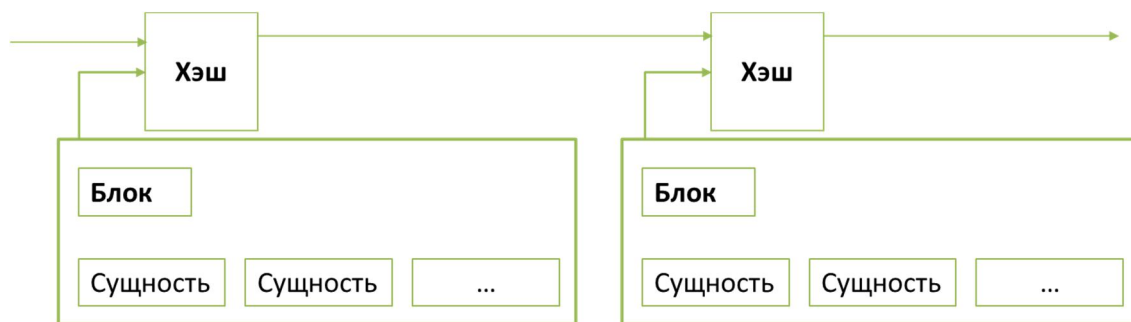


Рисунок 4 – Схема использования технологии блокчейн

Каждый блок имеет публичный хеш, на основе которого строится следующий блок. Таким образом, каждый новый блок хранит информацию о всех предыдущих блоках в этом хэше. Поэтому представляется невозможным изменение или удаление блоков злоумышленниками, так как изменение одного блока влечет за собой также изменение всех предыдущих.

Предлагается создать базу данных на основе данной технологии, в которой обычными пользователями будут студенты, преподаватели и сотрудники НИУ ВШЭ, совместно с компанией, которая будет проверять информацию о студентах на образовательной платформе.

База данных по каждому студенту будет включать в себя следующие параметры: балл ЕГЭ, результаты участия в олимпиадах, результаты участия в конференциях, рейтинг студента в университете¹, показатели общественной активности, выбранные для изучения предмета. Для всех этих переменных (показателей) было выявлено значимое влияние на успешное завершение курса на платформе.

Таким образом, любой преподаватель, который будет иметь доступ к информации о студенте, сможет отслеживать статус его прохождения курсов, а также подлинность выданных сертификатов по окончании курса. Подлинность сертификатов обеспечивается технологией блокчейн.

Технология блокчейн уже успешно применяется для подтверждения прав доступа и подлинности документов во многих компаниях. Технология децентрализованных распределенных реестров хорошо подходит для хранения любых типов данных и совершения транзакций открытым и безопасным способом. Например, сервис stampd.io (<https://stampd.io>) предназначен для подтверждения владением цифровым контентом в определенный момент времени. Другими словами, с помощью данного сервиса можно заверить доказательство владения цифровым объектом без посредника в лице нотариуса. Для того чтобы

¹<https://www.hse.ru/studyspravka/rate>

создавать цифровые издания с помощью уникальных идентификаторов и цифровых сертификатов для подтверждения авторства и подлинности, существует сервис Ascribe (<https://stampd.io>).

Преимущество таких сертификатов заключается в невозможности их подделки, а также их открытости. Каждый желающий сможет проверить существование документа и его подлинность, при этом затратив малое количество времени.

Практически это осуществляется благодаря таким возможностям: комбинации технологий криптографии; содержание данных в открытой децентрализованной базе данных; использование сервисов электронной подписи. Рассмотрим основные аспекты реализации перечисленных возможностей подробнее с использованием такой функции сети биткоина, как OP-RETURN [23].

Благодаря этой функции к транзакции можно добавить хеш документа с криптографической подписью эмитента. После этого сертификат объединяется с транзакцией биткоина или другой криптовалютой. У таких транзакций есть адрес в блокчейне и открытый ключ. Тип транзакций OP-RETURN был предоставлен разработчиками биткоина для того, чтобы обеспечить возможность размещения данных о сделках, включённых в блокчейн биткоина.

Приведем пример использования данного подхода в работе СДО. Студент подает заявку о прохождении онлайн-курса, его характеристики обрабатываются методами кластеризации, оценивается вероятность его попадания в одну из 4-х групп. В случае попадания в группы 1, 2 или 3, согласно результатам кластеризации, студент допускается до изучения курса. Далее на этапе реализации контрольных функций в СДО возможности применения технологии блокчейн представлены на рисунке 5.

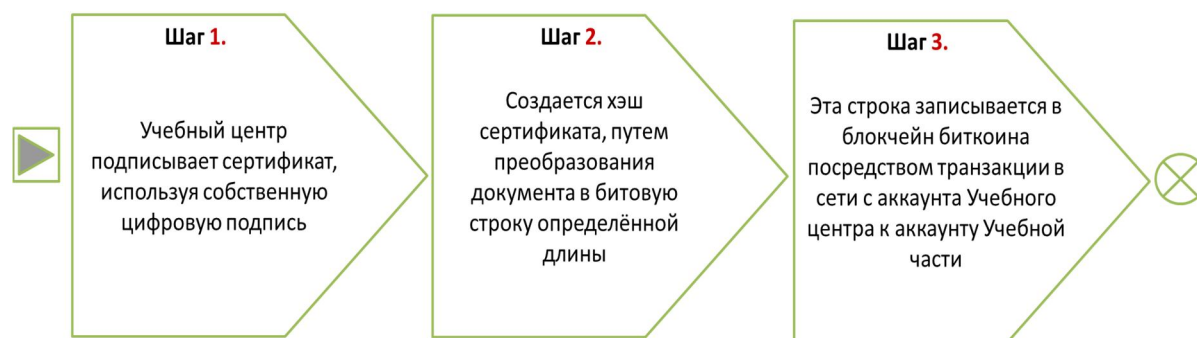


Рисунок 5 – Возможности применения технологии блокчейн в среде дистанционного образования

Таким образом, по результатам прохождения курса в СДО, на первом шаге применения технологии блокчейн Учебный центр подписывает сертификат, используя собственную цифровую подпись, ранее созданную. На втором шаге создается хэш сертификата. Далее созданная битовая строка записывается в блокчейн биткоина посредством транзакции в сети с аккаунта Учебного центра к аккаунту Учебной части. Таким образом, легко проверить, кто именно подписал конкретный сертификат.

Заключение. В современной системе образования происходит масштабное изменение способов и форм обучения, активно внедряются новые формы, в том числе дистанционное обучение. Несмотря на указанные в статье сильные стороны, можно отметить и проблемы в онлайн-обучении – достоверность прохождения обучения учащимся на сторонних ресурсах, необходимость защиты информации о пройденном обучении от изменений и т.д.

При этом в самом процессе обучения возникает ряд проблем, одна из которых – низкий уровень конверсии на образовательных сайтах.

Причины данной проблемы были исследованы на данных из проведенного анкетирования студентов НИУ ВШЭ. Для выявления особенностей характеристик учащихся во взаимосвязи с их успешностью и активностью использования онлайн-платформ проводилось статистическое исследование данных.

В качестве математического метода анализа был выбран кластерный анализ с использованием метода *K*-средних. После применения этого метода были получены четыре группы пользователей (на основании сформированных четырех кластеров): успешные студенты онлайн-обучения, студенты, у которых могут возникнуть трудности при работе с системой, студенты с некоторыми проблемами в самостоятельном освоении, а также те, кого нужно заинтересовать и предложить удобный интерфейс и интересные задания для того, чтобы они не ушли с курса, не завершив его.

Отличительными особенностями, влияющими на высокую конверсию, считаются интерес к предмету, уровень мотивации студента, его целеустремленность.

Для стимулирования и повышения конверсии предлагается несколько подходов: отбор обучаемых на этапе допуска к онлайн-обучению путем тестирования (построенного с помощью ММО) и контроль качества информации о пройденном обучении.

Авторы статьи предлагают создание информационной системы на основании технологии блокчейн. С помощью этой технологии будет подтверждаться достоверность документа о прохождении обучения на стороннем ресурсе (в учебном центре), а за счет публичности транзакции информация о пройденном обучении защищена от изменений одним из участников за счет практически не подделываемой подписи.

Все это позволит создать устойчивую, масштабируемую и автоматизируемую систему.

Список литературы

1. Алешинцев И. А. История гимназического образования в России (XVIII и XIX век) / И. А. Алешинцев Санкт-Петербург : Издание О. Богдановой, 1912. – 361 с. – Режим доступа: http://elbib.gnpbu.ru/text/aleshintsev_istoriya-gimnazicheskogo-obrazovaniya_1912/go;0;fs;0/, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. Бринк Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Дж. Ричардс, М. Феверолф. – Санкт-Петербург : Питер, 2017. – 336 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»). – ISBN 978-5-496-02989-6.
3. Бронников И. А. Организация высшего образования в условиях роста онлайн-образования // NovaInfo. – 2017. – № 58. – С. 432–438.
4. Брумштейн Ю. М. Системный анализ вопросов информационной безопасности вузовских сайтов / Ю. М. Брумштейн, А. А. Бондарев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – Вып. 4. – С. 138–147.
5. Брумштейн Ю. М. Анализ состава и особенностей авторских прав на типичные тестовые материалы / Ю. М. Брумштейн, Н. В. Хлопкова // Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права. – 2012. – № 7. – С. 23–29. – ISSN 0201-7059.
6. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл. – Москва : Книга по Требованию, 2012. – 128 с. – ISBN 978-5-458-33443-3.
7. Ерошкин Н. П. История государственных учреждений дореволюционной России / Н. П. Ерошкин. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва : Высшая школа, 1968. – 368 с.
8. Зинченко В. П. Дистанционное образование: к постановке проблемы / В. П. Зинченко // Педагогика. – 2000. – № 2. – С. 23–34.
9. Калаева Д. С. Some advantages and disadvantages of MOOCsin education / Д. С. Калаева, М. В. Куимова // Молодой ученый. – 2015. – № 4. – С. 573–574. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/84/15813/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 07.05.2018).
10. Ким О. Дж. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / О. Дж. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др. ; под ред. И. С. Енюкова. – Москва : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.: ил.
11. Кластерный анализ: методические указания к изучению курса и задания к лабораторным работам для студентов математических и экономических специальностей / сост. В. Д. Власенко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. – 32 с. – Режим доступа: http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/02/26/vlasenko_k-analiz.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.10.2018).
12. Конькин А. В. Концепция архитектуры вычислительного комплекса для интеграции разрозненных информационных сервисов электронного обучения 8–15 / А. В. Конькин // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 1. – С. 8–15.
13. Красавин Е. М. Ресурсно-мотивационный портрет / Е. М. Красавин // Вестник экономики, права и социологии. – Нижний Новгород, 2012.
14. Миркин Б. Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор: препринт WP7/2011/03 / Б. Г. Миркин ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – Москва : Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. – 88 с.
15. ООО «Джейсон энд Партнерс Консалтинг». Портал телеканала про ИКТ (информацию, коммуникации, технологии) и Digital Media. Аналитический отчет «Рынок онлайн-образования в России и мире: сегмент массовых онлайн-курсов». – Режим доступа: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-onlayn-obrazovaniya-v-rossii-i-mire-segment-massovyh-onlayn-kursov-20141209065340, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 07.05.2018).
16. Паклин Н. Алгоритмы кластеризации на службе DataMining, Сайт ООО «Аналитические технологии». – Режим доступа: <https://basegroup.ru/community/articles/datamining>, <https://moluch.ru/archive/84/15813/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.09.2018).
17. Петькова Ю. Р. История развития дистанционного образования. Положительные и отрицательные стороны МООС / Ю. Р. Петькова // Успехи современного естествознания. – 2015. – №. 3. – С. 199–204.
18. Приходько М. А. Мультиагентные технологии в системах дистанционного обучения / М. А. Приходько // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2011. – № 3. – С. 113–118.
19. Стратегия развития онлайн-обучения в НИУ ВШЭ на 2016–2020 гг. Документ Дирекции по онлайн-обучению НИУ ВШЭ. – Режим доступа: https://elearning.hse.ru/data/2017/02/16/1167976997/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%8F%20%D0%BE%D0%BD%D0%BB%D0%B0%D0%B8%CC%86%D0%BD%20%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%9D%D0%98%D0%A3%20%D0%92%D0%A8%D0%AD_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B%20final.pdf, (дата обращения 01.10.2018), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
20. Студенческий рейтинг. Портал Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». Дирекция основных образовательных программ. Справочник учебного процесса НИУ ВШЭ. – Режим доступа: <https://www.hse.ru/studyspravka/rate>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.10.2018).

21. Юань Л. МООК и открытое образование: Значение для высшего образования / Л. Юань, С. Пауэлл, J. CETIS ; пер. Виталина Лаптева, ФИЯ, ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, 2013 г. – Режим доступа: <http://link.ac/361Q9>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 03.06.2014).
22. Andrew F. Sigel. Practical Business Statistics / Andrew F. Sigel. – 4th ed. – Irwin McGraw-Hill, 2002. – ISBN-100072499052.
23. Bartoletti M. An analysis of Bitcoin OP RETURN metadata / M. Bartoletti, L. Pompianu // Financial Cryptography and Data Security. Twenty-First International Conference. Malta, April 3–7, 2017. – Режим доступа: <http://fc17.ifca.ai/bitcoin/papers/bitcoin17-final32.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 01.10.2018).
24. Mackness J. The ideals and reality of participating in a MOOC / J. Mackness, S. Mak and Williams Roy // Proceedings of the 7th International Conference on Networked Learning. – Lancaster : University of Lancaster, 2010. – P. 266–275.
25. McKinlay J. Blockchain: background, challenges and legal issues / J. McKinlay, D. Pithouse, J. McGonagle, J. Sanders (née Turner) // DLA Piper. Germany, Deutschland2 FEB 2018. – Режим доступа: https://www.dlapiper.com/en/germany/insights/publications/2017/06/blockchain-background-challenges-legal-issues/?_lrsc=4d65d547-68eb-46bc-be27-e996cddb52f, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 01.10.2018).
26. Nakamoto Satoshi Bitcoin. A Peer-to-Peer Electronic Cash System. satoshi@gmx.com www.bitcoin.org / Nakamoto Satoshi. – Режим доступа: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 01.10.2018).
27. Tian Zhang. An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases / Tian Zhang, Raghu Ramakrishnan, MironLivny BIRCH // ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. – 1996. – Режим доступа: <http://citeseer.ist.psu.edu/zhang96birch.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 20.09.2018).

References

1. Aleshintsev I. A. *Istoriya gimnazicheskogo obrazovaniya v Rossii (XVIII i XIX vek)* [History of gymnasium education in Russia]. St. Petersburg, O. Bogdanova Edition, 1912. – 361 p. Available at: http://elib.gnpbu.ru/text/aleshintsev_istoriya-gimnazicheskogo-obrazovaniya_1912/go,0;fs,0/.
2. Brink H., Richards Dzh., Feverolf M. *Mashinnoe obuchenie* [Machine learning]. – St. Petersburg, Piter Publ., 2017. – 336 p.: il. – (Seriya «Biblioteka programmista» [Series “Library programmer”]). ISBN 978-5-496-02989-6.
3. Bronnikov I. A. Organizatsiya vysshego obrazovaniya v usloviyakh rosta onlayn-obrazovaniya [Organisation of higher education in conditions of the growth of online education]. *NovaInfo*, 2017, no. 58, pp. 432–438.
4. Brumshteyn Yu. M. Bondarev A. A. Sistemnyy analiz voprosov informatsionnoy bezopasnosti vuzovskikh saytov [System analysis of issues of information security of university sites]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Engineering and Computer Science], 2014, iss. 4, pp. 138–147.
5. Brumshteyn Yu. M., Khlopko N. V. Analiz sostava i osobennostey avtorskikh prav na tipichnye testovye materialy [Analysis of the composition and copyrights for typical test materials]. *Intellektual'naya sobstvennost. Avtorskoe pravo i smezhnye prava* [Intellectual Property. Copyright and related rights], 2012, no. 7, pp. 23–29. ISSN 0201-7059.
6. Dyuran B., Odell P. *Klasternyy analiz* [Cluster analysis]. Moscow, Kniga po Trebovaniyu Publ., 2012. 128 p. ISBN 978-5-458-33443-3
7. Eroshkin N. P. *Istoriya gosudarstvennykh uchrezhdeniy dorevolutsionnoy Rossii* [The history of state institutions of pre-revolutionary Russia]. 2nd ed., rev. and add. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1968. 368 p.
8. Zinchenko V. P. Distantionnoe obrazovanie: k postanovke problem [Distance Education: to the formulation to the problem]. *Pedagogika* [Pedagogy], 2000, no. 2, pp. 23–34.
9. Kalaeva D. S., Kuimova M. V. Some advantages and disadvantages of MOOCs in education. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2015, no. 4, pp. 573–574. Available at: <https://moluch.ru/archive/84/15813/> (accessed 07.05.2018).
10. Kim O. Dzh., Myuller Ch. U., Klekka U. R. et al. *Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz* [Factor, discriminatory and cluster analysis]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1989. 215 p.: il.
11. Vlasenko V. D. *Klasternyy analiz: metodicheskie ukazaniya k izucheniyu kursa izadaniya k laboratornym rabotam dlya studentov matematicheskikh i ekonomicheskikh specialnostey* [Cluster analysis: guidelines for studying the course and tasks for laboratory works for students of mathematical and economic specialties]. Khabarovsk, Pacific State University Publ. House, 2006. 32 p. Available at: http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/02/26/vlasenko_k-analiz.pdf (accessed 01.10.2018).
12. Konkin A. V. Konceptsiya arkhitektury vychislitelnogo kompleksa dlya integratsii razroznennykh informatsionnykh servisov elektronnoy obucheniya 8–15 [Concept of the architecture of the computing complex for intergration]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2017, no. 1, pp. 8–15.
13. Krasavin E.M. Resursno-motivatsionnyy portret [Resource and motivation portrait]. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii* [Bulletin of Economics, Law and Sociology]. Nizhny Novgorod, 2012.
14. Mirkin B. G. *Metody klaster-analiza dlya podderzhki prinyatiya resheniy: obzor: preprint WP7/2011/03* [Methods of cluster-analysis for supporting solution: review: preprint WP7/2011/03]. Moscow, National Research University “High School of Economics” Publ., 2011. 88 p.
15. ООО “Dzheysone and Partners Konsalting”. Portal telekanala pro IKT (informatsiyu, kommunikatsii, tekhnologii) i Digital Media. *Analiticheskiy otchet «Rynokonlayn-obrazovaniya v Rossii i mire: segment massovykh onlayn-kursov»* [“Jason and Partners Consulting” LLC. Portal of the channel about IKT (information, communication, technologies) and Digital Media. Analytical report “The market of online education in Russia and the world: segment of mass online courses”]. Available at: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-onlayn-obrazovaniya-v-rossii-i-mire-segment-massovykh-onlayn-kursov-20141209065340 (accessed 07.05.2018).

16. Paklin N. *Algoritmy klasterizatsii na sluzhbe Data Mining, Sayt OOO «Analiticheskie tekhnologii»* [Clustering algorithms in the service Data Mining, Site “Analytical Technologies” LLC]. Available at: <https://basegroup.ru/community/articles/datamining>, <https://moluch.ru/archive/84/15813/> (accessed 20.09.2018).
17. Petkova Yu. R. Istoriya razvitiya distantsionnogo obrazovaniya. Polozhitelnye i otritsatelnye storony MOOS [The history of development of distance education. Positive and negative sides of MOOC]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of Modern Natural Science], 2015, no. 3, pp. 199–204.
18. Prihodko M. A. Multiagentnye tekhnologii v sistemakh distantsionnogo obucheniya [Multi-agent technologies in the systems of distance studying]. *Prikladnyi zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2011, no. 3, pp. 113–118.
19. *Strategiya razvitiya onlayn-obucheniya v NIU VSHE na 2016–2020 gg. Dokument Direktsii po onlayn obucheniyu NIU VSHE* [Development strategy of online education at NRU HSE for 2016–2020. Document of the HSE online education Directory] Available at: https://elearning.hse.ru/data/2017/02/16/1167976997/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%8F%20%D0%BE%D0%BD%D0%BB%D0%B0%D0%B8%CC%86%D0%BD%20%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%9D%D0%98%D0%A3%20%D0%92%D0%A8%D0%AD_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B%20final.pdf (accessed 01.10.2018).
20. *Studencheskiy reyting. Portal Natsionalnogo issledovatel'skogo universiteta «Vysshaya shkola ekonomiki». Direktsiya osnovnykh obrazovatelnykh programm. Spravochnik uchebnogo processa NIU VSHE* [Student rating. Portal of the National Research University “Higher School of Economics”]. Available at: <https://www.hse.ru/studyspravka/rate> (accessed 01.10.2018).
21. Yuan L., Pauell S., CETIS J. *MOOK i otkrytoe obrazovanie: Znachenie dlya vysshego obrazovaniya* [MOOC and open education. Importance for higher education]. Available at: <http://link.ac/361Q9> (accessed 03.06. 2014).
22. Andrew F. Sigel. *Practical Business Statistics*. 4th ed. Irwin McGraw-Hill, 2002. ISBN-100072499052
23. Bartoletti M., Pompianu L. An analysis of Bitcoin OP RETURN metadata. *Financial Cryptography and Data Security. Twenty-First International Conference, Malta April 3–7, 2017*. Available at: <http://fc17.ifca.ai/bitcoin/papers/bitcoin17-final32.pdf> (accessed 01.10.2018).
24. Mackness J., Mak S. and Williams Roy. The ideals and reality of participating in a MOOC. *Proceedings of the 7th International Conference on Networked Learning*. Lancaster, University of Lancaster, 2010, pp. 266–275
25. McKinlay J., Pithouse D., McGonagle J., Sanders (née Turner) J. *Blockchain: background, challenges and legal issues*. DLA Piper. Germany, Deutschland2 FEB 2018. Available at: https://www.dlapiper.com/en/germany/insights/publications/2017/06/blockchain-background-challenges-legal-issues/?_lsrc=4d65d547-68eb-46bc-be27-e996cdbbf52f (accessed 01.10.2018).
26. Nakamoto Satoshi Bitcoin. *A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. satoshin@gmx.com www.bitcoin.org. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (accessed 01.10.2018).
27. Tian Zhang, Raghu Ramakrishnan, MironLivny BIRCH. An Efficient Data Clustering Method for Very Large Databases. *ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. 1996. Available at: <http://citeseer.ist.psu.edu/zhang96b Birch.html> (accessed 20.09.2018).