

УДК 004.057.5:004.55

СОЗДАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КУРСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА И НЕВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫХ ТОКЕНОВ

Тамара Михайловна Волосатова,

кандидат технических наук, доцент ФГОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», tamarav@bmstu.ru

Дмитрий Евгеньевич Беломойцев,

кандидат технических наук, доцент ФГОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», belomoid@bmstu.ru

Обозначены проблемы проектирования образовательных курсов с применением генетических алгоритмов. Рассмотрен подход к формированию содержания курсов при помощи генетических операторов с учётом результатов в блокчейн. Предложена методика составления проектных решений с привлечением результатов анализа больших данных в контексте запросов образовательного контента. Представлен способ автоматизации процесса синтеза индивидуальных программ обучения. Предложена техника доставки образовательного контента при помощи NFT.

Ключевые слова: образовательная программа; методика синтеза; дополнительное образование; автоматизация; эволюционная методика, блокчейн, большие данные, токен, NFT.

Введение

Практика показывает, что в процессе и после получения базового высшего образования практически всегда требуется повышение уровня знаний и владения навыками в различных областях. При этом материал для наиболее эффективного освоения новых познаний следует поставлять в форме индивидуальных образовательных курсов по конкретным направлениям и сформированных по персональным потребностям.

Автоматизация проектирования структуры индивидуальных курсов эффективно реализуется на основе методик работы с большими данными, в ходе которой выявляются тенденции и закономерности удовлетворения различных потребностей в обучении. Результаты проектирования целесообразно



фиксировать с применением технологий распределённого реестра, чтобы обеспечить нарастающий эффект их использования в будущем. Представление образовательного контента по сформированному курсу его непосредственному потребителю удобно реализовывать при помощи невзаимозаменяемых токенов — NFT, представляющих собой сертификат уникальности индивидуального образовательного курса и обеспечивающих получение владельцем связанного с ним контента.

Анализ накопленного опыта и данных¹ исследований показывает, что неотъемлемым компонентом улучшения эффективности процесса обучения является привлечение к нему систем дистанционного обучения. Вопросы полноты и целостности курсов индивидуального содержания при дистанционном образовании влекут за собой потребность в синтезе структуры и подборе контента курса, которые позволят удовлетворить имеющиеся запросы обучающихся в необходимом и достаточном объёме.

Для того чтобы дать обучающимся возможность эффективно решить проблему полноты и целостности образовательного контента курса дополнительного обучения, необходимо автоматизировать про-

цесс проектирования структуры курсов на базе определяемых обучающимися критериев подбора². Целью синтеза индивидуальной образовательной программы является преобразование исходного описания синтезируемого учебного курса, в котором имеются данные о потребностях обучающегося к содержанию, о налагаемых на состав ограничениях, в результирующее описание структуры, то есть сведения о составе курса, взаимосвязи его компонентов.

Автоматизировать процесс формирования индивидуальных образовательных программ возможно путём применения разработанной методики проектирования, суть которой в общем случае заключается в сопоставлении отобранным элементам пространства научно-практических достижений элементов пространства образовательного контента³.

Эволюционный подход к проектированию структуры учебного курса

В рамках данного исследования состав учебного курса рассматривается в виде совокупности подразде-

¹ Волосатова Т.М. Проектирование образовательного процесса с применением облачных технологий и генетических алгоритмов / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Учёные записки ИСГЗ. 2018. № 1. С. 139–145.

² Волосатова Т.М. Разработка генетического алгоритма составления учебных курсов индивидуального содержания / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Учёные записки ИСГЗ. 2017. № 1. С. 136–142.

³ Волосатова Т.М. Автоматизация проектирования структуры образовательного контента для повышения эффективности дистанционного обучения / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Объектные системы. 2016. № 12. С. 37–43.

лов, каждый из которых формируется путём группировки рассматриваемых предметных сущностей. Подразделы образовательных курсов имеют несколько альтернативных вариантов исполнения. Выбор проектного решения подразумевает определение того или иного варианта компоновки каждого подраздела. Решение задачи структурного синтеза при проектировании курса обучения приводит к необходимости решить так называемую задачу принятия решений. Суть данной задачи состоит в том, чтобы из множества альтернатив выбрать проектное решение, которое бы соответствовало набору критериев. При этом необходимо иметь в виду, что разные подразделы могут иметь общие параметры, так же как могут их иметь различные типы одного подраздела. В связи с этим практически невозможно вычислить оптимальные значения управляемых параметров отдельно для каждого подраздела.

Структура образовательного курса формируется совокупностью подразделов S_p , $i = 1, N^S$, N^S — количество подразделов $X = X^T \cup X^P$. Множество управляемых параметров такой структуры состоит из подмножеств типов и параметров подразделов. Мощности множеств X^T , X^P составляют N^T , N^P соответственно. У i -го подраздела существует N_i^T вариантов типов $X_k^{T_i}$, $k = 1, N_i^T$. Каждому типу $X_k^{T_i}$ соответствует набор из $N_j^{P_i}$ параметров $\{X_j^P\}$, где $j \in \{I_q^{P_i}\}^k$ — сово-

купность индексов элементов $(0 < I_q^{P_i} \leq N^P, q = 1, N_k^{P_i})$. Каждый параметр X_j^P может принимать значение из набора C_r^j , где $r = 1, N_j^V$, N_j^V — количество допустимых значений параметра $X_1^{P_i}$.

Все допустимые комбинации вариантов подразделов составляют множество альтернатив. Имеет смысл описывать множество вариантов структуры курса неявно в форме набора правил P синтеза проектных решений из ограниченного набора элементов $\mathcal{E}$ по той причине, что мощность множества альтернатив может быть достаточно высокой.

Правила P формирования альтернатив A на базе элементов $\mathcal{E}$ представляют собой данные о запрещении некоторых комбинаций составляющих элементов. Возможная форма представления данных правил — матричная (симметричная).

Путём анализа элементов $\mathcal{E}_{ij}$ возможно понять, является ли допустимым использование в курсе i и j типов подразделов одновременно. Поход с формированием морфологических таблиц и альтернативных графов является применимым для формального описания множеств P и $\mathcal{E}$. Имеет смысл рассмотреть эволюционный подход к формированию множества альтернатив с помощью И-ИЛИ дерева. Например, генетические алгоритмы будут применимыми для решения NP-сложной задачи синтеза структуры курса



Проектное решение (курс)						
Подраздел 1		Подраздел 2		...	Подраздел N^S	
X^{T1}	$X_1^{P1} \dots X_{N^{P1}}^{P1}$	X^{T2}	$X_1^{P2} \dots X_{N^{P2}}^{P2}$	...	X^{TN^S}	$X_1^{PN^S} \dots X_{N^{PN^S}}^{PN^S}$

▲ Рис. 1. Схема хромосомы проектного решения

обучения. Учесть наличие запрещённых комбинаций типов различных подразделов также позволит применение такого рода алгоритма. Для этого предлагается использовать оператор мутации типов подразделов с применением матрицы совместимости.

Новые операторы должны также учитывать запрещённые комбинации альтернативных типов подразделов⁴. Ввиду представления проектного решения хромосомой переменной длины разработаны новые принципы применения генетических операторов мутации, кроссовера и селекции. Необходимость в этом продиктована невозможностью применять классические операторы для модификации хромосомы переменной длины (рис. 1).

Основное отличие от классического у предложенного в данном исследовании оператора кроссовера заключается в том, что точки разрыва хромосомы размещаются в соответствии с распределением генов по подразделам. В соответствии с таким алгоритмом между подраз-

делами одного типа будет происходить обмен генами. Также алгоритм предусматривает совместное выполнение операторов мутации параметров и типов. В такой ситуации полностью меняться будут определённые подразделы, так как изменение их типов автоматически влечёт изменение параметров. Для части подразделов предусматривается изменение значения некоторых параметров, для которых отобраны случайным образом гены хромосомы. Следовательно, применение предложенного оператора многоточечного кроссовера оставляет без изменений набор подразделов проектного решения. Внутри соответствующих отдельным подразделам областей хромосом происходит обмен значениями параметров — генами. Внутри этих областей могут располагаться точки разрыва. Такая ситуация возникает, если действие оператора кроссовера на каждый подраздел происходит по отдельности. Аналогию возможно провести со случаем, когда на хромосомы действовал бы вектор операторов кроссовера. Элементы этого вектора соответствуют отдельным подразделам курса обучения. Работа алгоритмов

⁴ Норенков И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. 1998. №1. С. 9–13.

наполнения затронутых подразделов курса меняется из-за смены значений параметров. Это влияет на вычисляемое значение функций полезности. Они вычисляются для хромосом нового поколения. Для внесения точечных изменений в содержание генов отдельных подразделов в структуре хромосомы при выполнении генетического алгоритма применяется разработанный оператор мутации параметров подразделов. Работа оператора влияет на нижний уровень И-ИЛИ дерева. Изменение подраздела и его параметров, закодированных в полях $X_1^{Pi} \dots X_{N^{Pi}}^{Pi}$, вызывается изменением типов N^{Pi} . Дополнительно, меняется число параметров подраздела. При выполнении генетического алгоритма меняется структура хромосомы посредством применения оператора мутации типов подразделов. Работа этого оператора влияет на уровни И-ИЛИ дерева — от уровня значений параметров до уровня типов подразделов.

В соответствии с разрабатываемой методикой проектирования синтез происходит с применением генетического алгоритма. На основании оценки альтернативных вариантов по значениям их функции полезности принимается решение об окончании поиска проектного решения или о генерации новых альтернатив. Значение целевой функции для альтернативы определяется исходя из значений частных функций полезности для каждого

из подразделов. Значения частных функций полезности находятся в зависимости от величин управляемых параметров элементов структуры курса, а также параметров внешних факторов, воздействующих на эффективность и связность восприятия информации курса. Функция полезности подраздела курса даёт численную оценку вклада в общую эффективность восприятия и связность курса посредством данного подраздела. Помимо параметров элементов при вычислении функции полезности учитываются требования, предъявляемые к проектируемому курсу. На основании данных требований формируется вектор параметров внешних факторов. Алгоритм вычисления значения функции полезности подраздела определяется индивидуально для каждого типа X_K^{Ti} . У каждого альтернативного K -го варианта i -й подраздела имеется своя форма вычисления функции полезности $F_K^i(X^P)$. Она генерируется на основе обобщения экспертных мнений. Таким образом, создание новых типов подразделов представляет собой нетривиальный процесс, требующий непосредственного участия экспертов и проектировщиков.

В виду представления проектного решения хромосомой переменной длины⁵ разработаны новые

⁵ Волосатова Т.М. Разработка генетического алгоритма составления учебных курсов индивидуального содержания // Учёные записки ИСГЗ. 2017. № 1.



▲ **Рис. 2.** Схема алгоритма формирования новых хромосом

принципы применения генетических операторов мутации, кроссовера и селекции. Необходимость в этом продиктована невозможностью применять классические операторы для модификации хромосомы переменной длины. Новые операторы должны также учитывать запрещённые комбинации альтернативных типов подсистем.

Проводя системный подход к формированию структуры учебных курсов из базиса компонентов образовательного контента, возможно рассматривать составляющие курс подразделы в качестве

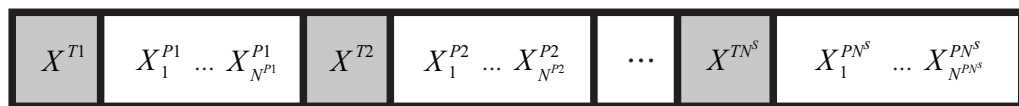
подсистем, которые в итоге объединяются общим курсовым смыслом. Исходя из такого подхода, рассмотрим формирование новых операторов генетического алгоритма применительно к подсистемам проектируемого курса.

Оператор мутации типов подсистем

Оператор мутации типов подсистем разработан для изменения структуры хромосомы при выполнении генетического алгоритма. Функционирование оператора затрагивает нижние уровни И-ИЛИ дерева, от уровня значений параметров до уровня типов подсистем.

Смена типов (поля X^{Ti} , на рис. 3 заштрихованы) приводит к смене подсистемы и её параметров, закодированных в полях $X_1^{Pi} \dots X_{N^{Pi}}^{Pi}$. Кроме того, изменяется число параметров подсистемы N^{Pi} .

Количество типов, которые подвергаются изменению в ходе вызова оператора, может варьироваться в зависимости от хода выполнения генетического алгоритма. В том случае, если улучшение показателя целевой функции от поколения к поколению практически не происходит, необходимо произвести широкую смену типов подсистем.



▲ **Рис. 3.** Схема хромосомы с указанием полей типов

Если же на протяжении нескольких поколений наблюдается стойкая тенденция к улучшению значения целевой функции, то смена типов подсистем производится в узком составе. В подобной ситуации вызов оператора мутации типов целесообразно заменить вызовом оператора мутации параметров подсистем.

Выбор подсистемы для применения к ней оператора мутации типов осуществляется на основании анализа динамики изменения значения частной функции полезности данной подсистемы. Необходимо менять такую подсистему (её тип), у которой наблюдается стагнация функции полезности в области «плохих» значений.

Оператор мутации параметров подсистем

Оператор мутации параметров подсистем разработан для точечного изменения содержания генов отдельных подсистем в структуре хромосомы при выполнении генетического алгоритма. Функционирование оператора затрагивает самый нижний уровень И-ИЛИ дерева.

Смена значений параметров приводит к изменениям в функционировании алгоритмов затронутых подсистем курса. Это, в свою очередь, влияет на значение функций полезности, которые вычисляются для хромосом нового поколения.

Возможно совместное применение операторов мутации типов

и параметров подсистем. При этом некоторые подсистемы будут меняться полностью (смена их типов автоматически ведёт к смене параметров). У части же подсистем будут изменяться значения отдельных параметров, которым соответствуют выбранные случайным образом гены хромосомы.

Оператор кроссовера

В отличие от классического, оператор кроссовера, предложенный в данной работе, обеспечивает размещение точек разрыва хромосомы в соответствии с делением генов по подсистемам. Это означает, что обмен генами будет осуществляться строго между подсистемами одного типа.

Таким образом, при использовании разработанного оператора многоточечного кроссовера набор подсистем проектного решения остаётся неизменным. Обмен значениями параметров (генами) происходит внутри областей хромосом, которые соответствуют отдельным подсистемам. Фактически точки разрыва могут располагаться внутри данных областей. Подобная ситуация возникает, если действие оператора кроссовера на каждую подсистему происходит в отдельности, как если бы на хромосомы действовал вектор операторов кроссовера. Компоненты данного вектора соответствуют отдельным подсистемам разделов курса.



Обозначенный выше подход предполагает, что структура проектируемого индивидуального образовательного курса представлена совокупностью подразделов. Каждый подраздел формируется на основе группирования рассматриваемых элементов образовательного контента. Подразделы образовательных курсов могут быть представлены путём выбора из нескольких альтернативных вариантов. Поиск проектного решения заключается в определении наиболее удовлетворяющего требованиям обучающегося варианта компоновки элементами образовательного контента подраздела⁶. Иными словами, при работе над решением задачи структурного синтеза приходим к задаче принятия решений: из множества альтернатив требуется выбрать проектное решение, наилучшим образом соответствующее определённому изначально набору критериев. Кроме того, немаловажной будет необходимость учитывать, что подразделы проектируемого индивидуального образовательного курса могут иметь общие параметры, так же как могут их иметь различные типы одного подраздела. По этой причине считается недостижимым вычисление отдельно для каждого подраздела оптимальных значений управляемых параметров.

В результате использования разработанных генетических операторов и расширяемого за счёт выборки из распределённого реестра в соответствии с результатами анализа больших данных обратной связи с обучающимися множества альтернатив генерируются проектные решения, которые являются экземплярами новых поколений. Анализ значений функций полезности для этих решений реализует селекцию того альтернативного варианта, который может стать оптимальным решением.

Также предложено объединить ранее рассмотренный подход к представлению структуры индивидуального образовательного курса в виде совокупности подразделов с методикой проектирования данной структуры из элементов пространства образовательного контента, а также обозначен принцип расширения множества альтернатив для работы этой методики за счёт выборки из распределённого реестра на основе результатов анализа больших данных обратной связи с обучающимися. Выработанные целевые функции для оценки полезности альтернативных вариантов формирования образовательного курса используют принцип описания структуры проектного решения множеством хромосом и генов⁷.

⁶ Норенков И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. 1998. № 1. С. 9–13.

⁷ Волосатова Т.М. Автоматизация проектирования структуры образовательного контента для повышения эффективности дистанционного обучения // Объектные системы. 2016. № 12.

Запись о структуре курса в распределённый реестр

Информацию о результатах поиска проектного решения для заданных критериев и требований обучающегося целесообразно учитывать при выполнении аналогичных операций в последующем для обновлённых аналогичных или частично отличающихся условий. Для этого имеет смысл задействовать технологию хранения данных, которая позволяет вести учёт записей о спроектированных индивидуальных образовательных курсах. Дополнительно следует отметить важность вопроса надёжности ведения учёта результатов проектирования выбираемой технологией хранения. Анализ используемых к настоящему моменту разработок в соответствующей области показывает, что рядом преимуществ обладает технология распределённого реестра, в частности её разновидность — технология блокчейн⁸.

Под распределённым реестром понимается база данных, распределённая между узлами вычислительной сети. В частности, к преимуществам данной технологии возможно отнести распределённый характер хранения записей, при котором не требуется поддерживать функционирование единого центра регистрации. Узлы получают инфор-

мацию о базе друг от друга и хранят её копию. Изменения в реестр генерируются и вносятся узлами сети независимо друг от друга. Обновления реестра происходит на основе одной из его копий, изменения в которую утверждаются узлами путём голосования и достижения консенсуса в соответствии с определённым алгоритмом. Благодаря принятым при работе с распределённым реестром алгоритмам его обновления значительно повышается защищённость хранимых в нём данных от несанкционированного изменения при отсутствии единого центра регистрации изменений.

Разновидность распределённого реестра, блокчейн — выстроенный по определённым правилам связанный список — непрерывная последовательная цепочка блоков, которые содержат информацию. Основное отличие блокчейна от других видов распределённых реестров заключается в том, что в них необязательно применять связную последовательность блоков данных при достижении состояния консенсуса в процессе внесения изменений⁹. Единовременно сведения блокчейна хранятся у множества участвующих в его наполнении заинтересованных лиц. При этом формат хранения данных в блокчейне представлен блоками, в которые сгруппированы

⁸ Свон М. Блокчейн: схема новой экономики / М. Свон. М.: Олимп-Бизнес, 2017. 240 с.

⁹ Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии / С. Равал. СПб.: Питер, 2017. 240 с



эти данные. Между собой блоки стыкуются однозначным образом, что фиксируется при обновлении реестра на всех узлах сети.

Кроме того, дополнительным преимуществом использования данной технологии хранения записей о результатах проектирования индивидуальных образовательных курсов является возможность подключения и участия на различных стадиях генерации проектного решения новых потенциальных поставщиков образовательного контента. Это становится возможным благодаря тому, что множество альтернатив, из которого выбираются варианты при работе операторов генетического алгоритма, допускает расширение. Новые альтернативные варианты формируются из элементов образовательного контента. В качестве его поставщиков рассматриваются образовательные порталы учебных заведений, обслуживающие онлайн-курсы серверы, сервисы электронных библиотек и др.

Обозначенная выше методика проектирования индивидуальных образовательных курсов с внесением результатов в блокчейн даёт полезную информацию в плане учёта оценок качества выработанных проектов со стороны обучающихся. Иными словами, целесообразно вносить в блокчейн данные проекта, снабжённые обратной связью с потребителем данного проекта. Эта связь должна показать, насколько эффективно была спроектирована

структура курса, а также — в какой степени обучение по этому курсу удовлетворило потребности обучающегося. Фактически в этом случае речь идёт о так называемых больших данных (big data) — о данных обратной связи с обучающимися по учёту выносимых ими оценок качества индивидуальных образовательных курсов.

Эффективно построенная обратная связь с обучающимися для учёта их замечаний, пожеланий и оценок действительно способна порождать огромные объёмы и многообразие структурированных и неструктурированных данных — больших данных¹⁰. Механизмы обработки и анализа этих значительных объёмов информации существенно отличаются от традиционных алгоритмов, принятых при работе СУБД. Тем более нетривиальной представляется задача интеграции нескольких потоков данных: с одной стороны, необходимо учитывать результаты проектирования индивидуальных образовательных курсов, а с другой — связанные с этими результатами большие данные обратной связи потребителей этих проектов. Большие данные подвергаются классификации, а также кластеризации. Минимально необходимо формировать блоки данных

¹⁰ Уоррен Дж. Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени / Дж. Уоррен, Н. Марц. М.: Вильямс, 2016. 367 с.

по оценкам, замечаниям, предложениям. Кластеризованные данные вносятся в блокчейн. В дальнейшем эти данные будут использованы совместно с проектной информацией в рамках работы генетических операторов при проектировании очередных индивидуальных образовательных курсов в соответствии с заданными обучающимися новыми требованиями и условиями.

Представление курса с применением токенов NFT

Представление образовательного контента по сформированному курсу его непосредственному потребителю удобно реализовывать при помощи невзаимозаменяемых токенов — NFT (non-fungible token).

Невзаимозаменяемые токены используются для подтверждения факта владения цифровыми активами и права их использования¹¹. Они представляют собой сертификат уникальности, в данном случае — индивидуального образовательного курса, и обеспечивают получение владельцем связанного с ним контента.

После того как была спроектирована структура индивидуального образовательного курса в соответствии с персональными критериями и потребностями обучающегося

и было подобрано его содержание, формируется контейнер ссылок, при помощи которого возможно получить доступ к указанным ресурсам курса.

Сами ресурсы располагаются в общедоступных хранилищах среди множества аналогичных. Контейнер ссылок определяет соответствие пунктов структуры курса конкретным ресурсам. Для сформированного контейнера генерируется невзаимозаменяемый токен, который затем следует передать обучающемуся.

Передача токена осуществляется через процедуры обработки смарт-контрактов.

Заключение

На основании обозначенных выше подходов к применению методики работы с распределённым реестром, а также методики учёта результатов анализа больших данных от обратной связи по проектам индивидуальных образовательных курсов предложено модифицировать ранее разработанные специальные генетические операторы мутации и кроссовера для повышения эффективности синтеза. Предложенная в [2, 3] реализация оператора кроссовера, в отличие от классического, предполагает, что в соответствии с распределением генов по подразделам происходит размещение точек разрыва хромосом. Таким образом, обмен генами будет выполняться между

¹¹ Finzer D. The Non-Fungible Token Bible. 2020. <https://opensea.io/blog/guides/non-fungible-tokens/>



подразделами одного типа. Более того, предложено организовывать работу операторов мутации типов и параметров совместным образом. При этом единовременно ожидается изменение целиком определённых подразделов, потому что такого полного изменения параметров требует изменение их типов. У некоторых подразделов предполагается смена значения части параметров в том случае, если случайным образом были отобраны гены хромосомы. Таким образом, возможно заключить, что использование разработанного оператора многоточечного кроссовера не приводит к внесению замен в набор подразделов синтезируемого проекта учебного курса.

Под проектированием структуры индивидуального образовательного курса понимается преобразование исходного описания требований к синтезируемой программе, которые составлены по запросам обучающегося, в перечень элементов образовательного контента — информацию о составе курса и взаимосвязи его компонентов. Для повышения степени автоматизации процесса синтеза индивидуальных образовательных программ с учётом характера полноты решаемой задачи предложено использовать эволюционный подход с применением генетического алгоритма и специально выработанных генетических операторов. В частности, за счёт этого элементам простран-

ства требований обучающегося сопоставляются элементы пространства образовательного контента. В свою очередь, использование не-взаимозаменяемых токенов для доставки контейнеров ссылок на элементы содержания образовательных курсов обучающимся позволяет обеспечить его уникальность в соответствии с предъявленными потребностями и запросами.

Литература

1. Волосатова Т.М. Проектирование образовательного процесса с применением облачных технологий и генетических алгоритмов / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Учёные записки ИСГЗ. 2018. № 1. С. 139–145.
2. Волосатова Т.М. Разработка генетического алгоритма составления учебных курсов индивидуального содержания / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Учёные записки ИСГЗ. 2017. № 1. С. 136–142.
3. Волосатова Т.М. Автоматизация проектирования структуры образовательного контента для повышения эффективности дистанционного обучения / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Объектные системы. 2016. № 12. С. 37–43.
4. Норенков, И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. 1998. № 1. С. 9–13.
5. Свон М. Блокчейн: схема новой экономики / М. Свон. М.: Олимп-Бизнес, 2017. 240 с.

6. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии / С. Равал. СПб.: Питер, 2017. 240 с.
7. Уоррен Дж. Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени / Дж. Уоррен, Н. Марц, М.: Вильямс, 2016. 367 с.
8. Finzer D. The Non-Fungible Token Bible. 2020. <https://opensea.io/blog/guides/non-fungible-tokens/>

CREATION OF INDIVIDUAL EDUCATIONAL COURSES USING DISTRIBUTED REGISTRY TECHNOLOGIES AND NON-INTERCHANGEABLE TOKENS

Tamara M. Volosatova, Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow

Dmitry E. Belomoytsev, Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow

Abstract. *The educational courses design problems using genetic algorithms is designated. Approach to educational elective courses content formation using genetic algorithm with blockchain results storing is considered. The evolutionary technique of drawing up courses involving educational content requests big data analysis is offered. The way of automation of design of individual programs of training is presented. Educational content delivery technique using NFT proposed.*

Keywords: *education course; synthesis method; additional education; automation, evolution method, blockchain, big data, NFT, token.*