

## Стратегии выбора действий в интеллектуальной обучающей среде с подкреплением

П. Д. Басалин\*, Д. А. Куликов

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Российская Федерация  
603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

\* basalin84@mail.ru

### Аннотация

Рассматриваются стратегии выбора действий в интеллектуальной обучающей среде, основанной на адаптации к пользователю с подкреплением. Одна из них, так называемая примитивная стратегия, предполагает реализацию каждого очередного инициализированного события, связанного с изучением неделимого логически законченного фрагмента осваиваемого материала, начиная с наиболее компактного (наименее информативного) действия с переходами на действия более информативного плана до достижения запланированного уровня усвоения материала. В этом случае при реализации каждого очередного события не учитывается опыт реализации предыдущих событий, и процесс обучения может оказаться излишне громоздким. Другая стратегия – адаптивная – направлена на использование в качестве исходного при реализации очередного события действия, на порядок менее емкого (по сравнению с итоговым действием предыдущего события). Сформулирован ряд допущений, позволивший выработать набор правил, положенных в основу стратегии выбора действий в интеллектуальной обучающей среде. Первое касается представления сценария обучения на уровне событий в виде четко спланированной экспертом (преподавателем) последовательности фрагментов изучаемого материала. Второе исключает целесообразность описания стратегии выбора действий в виде графа решений ввиду ее определенности и возможности представления конкретным алгоритмом. Третье предполагает, что для каждого события предусмотрена либо самооценка уровня усвоения соответствующего фрагмента материала после каждого действия, либо определение его как результата объективного тестирования. Алгоритм, реализующий стратегию выбора действий (механизм подкрепления) на основе обратной связи с обучаемым через рабочую память системы (матрицу состояний), обеспечивает адаптацию обучающей среды к внешней среде (обучаемому).

**Ключевые слова:** гибридная интеллектуальная обучающая среда, адаптация с подкреплением, стратегии выбора действий, примитивная стратегия, адаптивная стратегия.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Басалин, П. Д. Стратегии выбора действий в интеллектуальной обучающей среде с подкреплением / П. Д. Басалин, Д. А. Куликов. – DOI 10.25559/SITITO.17.202101.735 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 190-199.

© Басалин, П. Д., Куликов Д. А., 2021



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



## Action Strategies in Intelligent Reinforcement Learning Environments

P. D. Basalin\*, D. A. Kulikov

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation

\* basalin84@mail.ru

### Abstract

For a hybrid intelligent learning environment, strategies for choosing actions that are aimed at implementing events related to the study of fragments of the studied material are considered. One of them, the so-called primitive strategy, involves the implementation of each next initialized event from the most compact (least informative) action with transitions to actions of a more informative plan until the planned level of assimilation of the material is reached. In this case, when implementing each next event, the experience of implementing previous events is not taken into account, and the learning process may be unnecessarily cumbersome. Another strategy – adaptive – is aimed at using an action as a source for the implementation of the next event, an action that is an order of magnitude less capacious (compared to the final action of the previous event). A number of assumptions were formulated that allowed us to develop a set of rules that form the basis for the strategy of choosing actions in an intelligent learning environment (ILE). This algorithm, using feedback from the learner through the system's working memory (state matrix), implements a mechanism with reinforcement – the learning environment adjusts its behavior depending on the response of the external environment (the learner).

**Keywords:** hybrid intelligent learning environment, adaptation with reinforcement, strategies for choosing actions, primitive strategy, adaptive strategy.

*The authors declare no conflict of interest.*

**For citation:** Basalin P.D., Kulikov D.A. Action Strategies in Intelligent Reinforcement Learning Environments. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2021; 17(1):190-199. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202101.735>



## Введение

Практически в любой области своей деятельности человеку приходится сталкиваться с кругом задач (проблем), алгоритмы решения которых априори не известны. Это проблемы неформального (творческого, интеллектуального) плана, возникающие на различных этапах принятия решений при проектировании сложных объектов, контроле и управлении сложными системами, прогнозировании социальных, экономических и политических процессов, планировании процесса обучения и т.д. Существенную помощь человеку в решении указанных и многих других проблем способна оказать надежная и гибкая система интеллектуальной поддержки, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что способна предложить «разумный» совет или осуществить «разумное» решение поставленной задачи. Такая система должна уметь рассуждать при сомнительных, неполных данных, объяснять ход своих рассуждений понятным пользователю способом, самообучаться и адаптироваться к конкретным условиям применения.

Цикл работ, посвященных авторами данной статьи разработке, исследованию, программной реализации и экспериментальной апробации средств интеллектуальной поддержки процессов принятия решений в различных предметных (проблемных) областях (в том числе и в учебном процессе) берет свое начало с работы 2002 года [1].

В качестве отправной в этой работе была изложена концепция оболочки интеллектуальной обучающей среды, и рассмотрен один из возможных подходов к ее реализации, базирующийся на принципах системы, основанной на знаниях фреймово-продукционного типа, и нейросетевых технологиях принятия решений. Однако практика структуризации знаний при настройке оболочки на конкретную предметную область показала громоздкость предложенной модели и оставила открытой проблему приобретения знаний у эксперта-преподавателя. Кроме того, модель планировала стратегию обучения, опираясь только на долговременные знания дидактического и методологического плана, не учитывая оперативные нечеткие знания об объекте обучения.

Предпринятые в работах [2], [3] попытки адаптации к условиям применения в учебном процессе оболочки универсальной гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений [4], [5] выявили ряд специфических особенностей интеллектуальной поддержки процесса обучения, базирующейся на нечеткой логике принятия решений. Рассмотрению этих особенностей и пересмотру базовых принципов реализации концепции гибридной интеллектуальной обучающей среды были посвящены статьи [6], [7]. Однако в ходе практической реализации и апробации результатов у авторов возникло желание применить для адаптации обучающей среды к нечеткости оперативного плана подход, основанный на обучении с подкреплением, базовые принципы которого изложены в работе [8].

Согласно [8], обучение рассматривается как интеллектуальный процесс взаимодействия *виртуального преподавателя* (интеллектуальной обучающей среды) с обучаемым, *активно* воспринимающим передаваемый ему материал, т.е. не просто укладывающий его в своем сознании (памяти), но и способ-

ствующий рациональной организации процесса обучения. Конкретный *рабочий сценарий* развития этого процесса, априори не известный, рождается непосредственно в ходе обучения и зависит от «искусства» виртуального преподавателя, сложности изучаемого материала, интеллектуальных способностей обучаемого, его мотивации к обучению, уровня предварительной подготовки, заложенной в нем психологической основы, условий обучения.

Данная статья призвана довести результаты работы [8] до конструктивного вида, готового к программной реализации и опытной эксплуатации в условиях конкретного образовательного процесса. В основном это касается стратегий выбора действий, направленных на реализацию событий.

## Актуальность

Интеллектуальная обучающая среда изначально планировалась как средство поддержки интерактивного формата [8] лекционных занятий, проводимых в очном режиме (при непосредственном контакте с преподавателем). Обучающую среду предполагалось использовать на этапах самостоятельной подготовки обучаемых к интерактивным занятиям.

Не исключают возможность использования электронных ресурсов при реализации смешанной формы образовательного процесса, в рамках которой классическое и дистанционное образование дополняют друг друга, и авторы статей [9]-[11]. В статье [9] описан опыт использования информационных технологий для формирования информационно-библиотечной грамотности студентов. В качестве одного из результатов исследования отмечено, что, несмотря на необязательное использование рассматриваемого ресурса, достаточное количество студентов пользовалось им. Данное наблюдение подчеркивает востребованность различных электронных образовательных ресурсов.

Работы [10], [11], опубликованные в 2018 году (еще до пандемии COVID-19), уже тогда выявили ряд недостатков дистанционной формы обучения. Так в статье [10] приводятся: список положительных сторон данной формы обучения (способность распространения учебных материалов среди неограниченного числа студентов, уменьшение затрат на организацию образовательного процесса, доступность образования) и список отрицательных сторон (отсутствие социального взаимодействия, низкий уровень компьютерной грамотности студентов). При этом отмечается, что успешность такого рода образования напрямую зависит от индивидуальной мотивации и особенностей студентов. В работе [11] подчеркивается одинаковое настроение студентов и преподавателей - они придерживаются *смешанной формы* образовательного процесса, в рамках которой классическое и дистанционное образование дополняют друг друга.

Особую актуальность интеллектуальная обучающая среда приобретает в современных условиях пандемии COVID-19, когда многие позиции захватывает дистанционный формат обучения, и существенно повышается роль самостоятельной работы.

В работе [12] был проведен опрос студентов на тему дистанционной формы обучения. Учащиеся выявили как ряд преимуществ данного формата (отсутствие временных и финансовых



затрат на посещения занятий, отсутствие дресс-кода для посещения занятий, возможность увеличения продолжительности сна и другие), так и ряд недостатков (отсутствие или уменьшение «живого общения», отсутствие смены обстановки и другие). В итоге в статье отмечено, что, несмотря на ряд преимуществ, студенты рассматривают дистанционный формат как дополнение к основной форме обучения, способствующее закреплению уже изученного материала.

В статье [13] упоминаются следующие проблемы, выявленные в ходе анализа перехода на дистанционную форму обучения: низкое качество предоставляемого образования, отсутствие возможности полностью изложить преподаваемый курс, резкое появление требования наличия компетенций по работе с электронными ресурсами, как у преподавателей, так и у обучаемых. Таким образом, в ситуациях, когда необходим резкий переход на дистанционную форму образования, в учебных учреждениях уже должна быть налажена работа с различными электронными ресурсами, причем данная работа не должна влиять на качество предоставляемого образования.

В работе [14] также проведено исследование о влиянии резкого перехода на дистанционную форму обучения на образование. В частности, там затронута тема о том, что такие изменения обогащают деятельность преподавателей дополнительными ограничениями, а качество предоставляемого образования также зависит от имеющейся у студентов материально-технической базы.

В статье [15] затрагиваются проблемы перехода на дистанционную форму обучения. Авторы в результате своего анализа выдвигают ряд наблюдений, в частности: *«не решена задача подготовки построенной на прозрачных принципах интегрированной образовательной платформы, дающей обучающимся бесплатный доступ к высококачественному образовательному контенту, а педагогам – возможности контроля за учебной деятельностью в режиме реального времени и инструменты методического обмена»*.

Еще одной современной проблемой является нехватка квалифицированных кадров, в частности, в сфере образования, а именно - в учреждениях высшего и среднего образования. В работе [16] поднимается проблема трудоустройства молодых специалистов и связь этой проблемы с высшим учебным заведением. Отмечается, что нахождение молодым специалистом рабочего места не разрешает дефицит квалифицированных специалистов – остается открытым вопрос о степени компетентности выпускника, только что окончившего ВУЗ.

В качестве продолжения обзора предыдущей проблемы можно упомянуть работу [17], в рамках которой затрагивается кадровая проблема обновления педагогического коллектива, насыщение его молодыми специалистами. Многие из них выбирают работу случайно, а другие – осознанно, видя в этом перспективы и выгоду для себя.

В статье [18] представлены результаты анкетирования вузовских преподавателей, выявившие *«преимущественно негативные оценки усвоения студентами учебного материала в условиях дистанционного обучения по сравнению с очным и весьма пессимистичные представления о будущем российского высшего образования»*. При этом в качестве основной причины таких оценок рассматривается *«противоречие между ценностным идеологическим принятием цифровых инноваций и отказом от*

*них на уровне личного опыта»*. С позиций этого противоречия можно рассматривать и работы [19]-[21].

Рассматриваемая в этой статье оболочка гибридной интеллектуальной обучающей среды (ГИОС) способна помочь в какой-то степени разрешить или сгладить вышеописанные проблемы (проблема цифровизации, проблема низкого качества и неполноты изучаемого материала, проблема нехватки квалифицированных кадров в сфере образования). Ее способность адаптировать образовательный процесс под индивидуальные особенности обучаемого может повысить качество образования, помочь молодым специалистам, а также и образовательным учреждениям в случае, если необходимо заменить живого преподавателя в момент его отсутствия виртуальным преподавателем в виде интеллектуальной обучающей среды.

Перспектива использования оболочки обучающей среды также проглядывается и на международной арене. Согласно исследованию [22] российские и зарубежные преподаватели обладают примерно одним уровнем владения информационными технологиями, которые используются в области педагогики, а также обладают схожими перспективами развития.

## Теоретическая часть

Традиционно процесс обучения представлен в пространстве состояний  $S$  в виде последовательности событий  $e_1, e_2, \dots, e_n$ , каждое из которых (например, событие  $e_i$ ), складывается из действий  $a_1, a_2, \dots$ , направленных на освоение обучаемым неделимого логически законченного фрагмента изучаемого материала с возможной самооценкой или тестированием уровня его усвоения  $I_i$  обучаемым ( $n_i$  – количество возможных действий, связанных с реализацией события  $e_i$ ). Такими действиями могут быть:

- выдача на терминал компактного представления фрагмента изучаемого материала с последующей самооценкой обучаемым уровня его усвоения по непрерывной шкале  $[0,1]$ ;
- выдача на терминал компактного представления фрагмента изучаемого материала с последующей объективной оценкой уровня его усвоения на основе результатов тестирования;
- выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала с последующей самооценкой обучаемым уровня его усвоения по непрерывной шкале  $[0,1]$ ;
- выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала с последующей объективной оценкой уровня его усвоения на основе результатов тестирования;
- выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала с поясняющими примерами, аналогиями с последующей самооценкой обучаемым уровня его усвоения по непрерывной шкале  $[0,1]$ ;
- выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала с поясняющими примерами, аналогиями с последующей объективной оценкой уровня его усвоения на основе результатов тестирования;
- выдача на терминал детального представления фраг-



мента изучаемого материала в контексте с базовыми подводящими понятиями с последующей самооценкой обучаемым уровня его усвоения по непрерывной шкале  $[0,1]$ ;

- выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала в контексте с базовыми подводящими понятиями с последующей объективной оценкой уровня его усвоения на основе результатов тестирования;
- возврат к уже пройденным фрагментам материала (событиям);
- коррекция порогового значения исходов событий.

В отличие от работы [8], в данной статье сокращен перечень возможных действий (исключены действия, не предусматривающие самооценку или тестирование уровня усвоения фрагмента материала). Однотипные действия, направленные на реализацию разных событий по своему характеру (структуре) одинаковы и отличаются лишь информационным наполнением соответствующего фрагмента материала. Не каждое событие может предусматривать в качестве возможных все действия приведенного перечня. Какие-то действия могут отсутствовать.

Для активации каждого события и действия, направленного на его реализацию, в базе знаний аналитической части гибридной интеллектуальной обучающей среды предусмотрено свое производное правило.

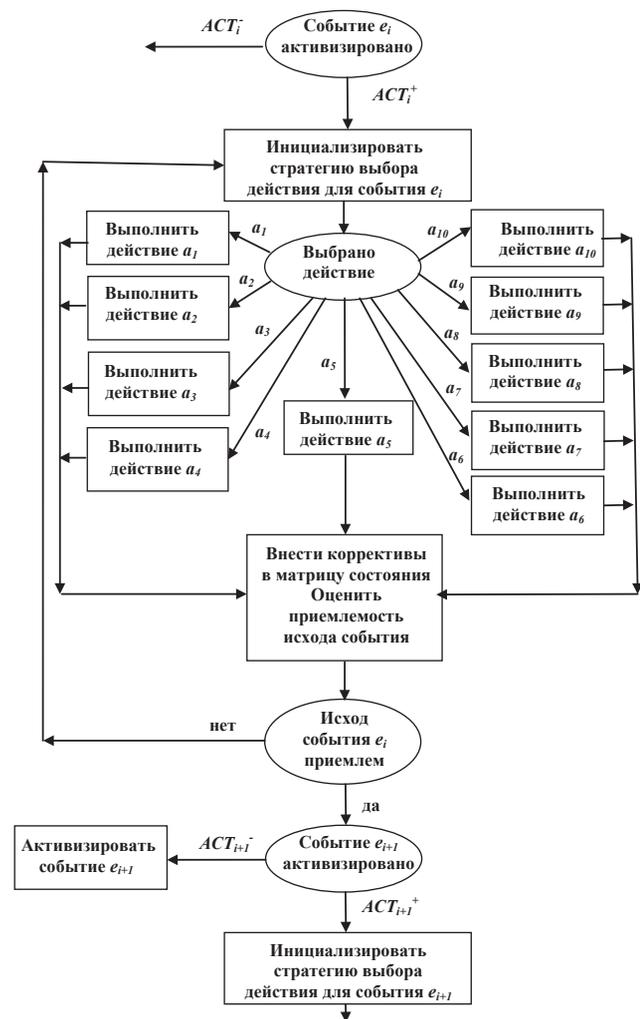
Указанные действия поступают в распоряжение как интеллектуальной обучающей среды (при активизации ею очередного события  $e_i$ ), так и обучаемого. Однако право приоритета задействовать какое-то из них отдается обучаемому, который при желании может переадресовать его интеллектуальной обучающей среде. Очевидно, что для этого в системе должны быть предусмотрены средства визуализации процесса обучения (например, на графе решений). Такой подход позволяет гибко сочетать две стратегии обучения: стратегию самонавигации обучаемого по материалу дисциплины и стратегию его полного подчинения интеллекту обучающей среды («ведет» среда). Это способствует поддержанию активной роли обучаемого в формировании сценария обучения и облегчает решение проблем адаптации интеллектуальной обучающей среды к индивидуальным особенностям обучаемого (получается не просто адаптация с подкреплением, но и в определенной степени с учителем, в роли которого выступает обучаемый).

Для описания знаний эксперта (преподавателя) на инфологическом уровне использован формализм *графа решений* [23], позволяющий компактно и наглядно представить логику рассуждений эксперта до уровня нечеткости, обусловленной индивидуальными особенностями обучаемого. При этом помимо традиционных вершин выводов, связанных с выполнением конкретных действий, в нем присутствуют вершины-прямоугольники, отправляющие к эвристикам стратегии разрешения неопределенности при выборе очередного действия.

На рисунке 1 в качестве примера приведен фрагмент графа решений, представляющего логику формирования сценария обучения на инфологическом уровне ( $ACT_i^-$  и  $ACT_i^+$  - сигналы не активизированного и активизированного события  $e_i$  соответственно).

Нетрадиционные вершины выводов, связанные с инициа-

цией стратегий выбора действий, следует рассматривать как вершины, имеющие свою внутреннюю структуру в виде локального графа решений, описывающего логику рассуждений, положенную в основу стратегии выбора действия. В таком случае, рассматривая общее представление знаний на инфологическом уровне, мы оперируем понятием *иерархического графа решений* в отличие от *простого графа решений*.



Р и с. 1. Фрагмент графа решений, представляющего нечеткую логику формирования сценария обучения на инфологическом уровне

Fig. 1. Fragment of a decision graph representing the fuzzy logic of the formation of a learning scenario at the infological level

*Рабочий сценарий обучения* реализуется как марковский процесс в дискретном пространстве состояний, в котором переход в следующее состояние связан со срабатыванием очередного производного правила (выполнением очередного действия), условия активации которого в текущем состоянии выполняются.

В результате срабатывания правила, связанного с выполнением очередного действия, формируется значение исхода соответствующего события. Под *исходом*  $r_i$  события  $e_i$  понимается



результат нечеткой операции логического следования уровня его усвоения  $I_i$  из исходов событий, указанных в antecedенте правила. Значение  $I_i$  получается как результат самооценки обучаемым или объективной оценки на основе тестирования уровня усвоения материала по непрерывной шкале  $[0,1]$ . Исход события  $r_i$  интерпретируется как коэффициент уверенности в усвоении материала события  $e_i$ . В качестве критерия прекращения действий, направленных на реализацию  $i$ -го события, используется назначаемое обучаемым мотивированное пороговое значение исхода события  $r_i^*$ . Если в результате очередного действия получается  $r_i \geq r_i^*$ , то событие  $e_i$  считается завершенным. Значение  $r_i^*$  будем считать для всех событий единым ( $r_i^* = r^*$ ), характеризующим уровень усвоения материала дисциплины в целом, на который ориентируется обучаемый. В процессе изучения дисциплины обучаемый может менять значение  $r^*$  (увеличивать, почувствовав уверенность, или уменьшать в противном случае).

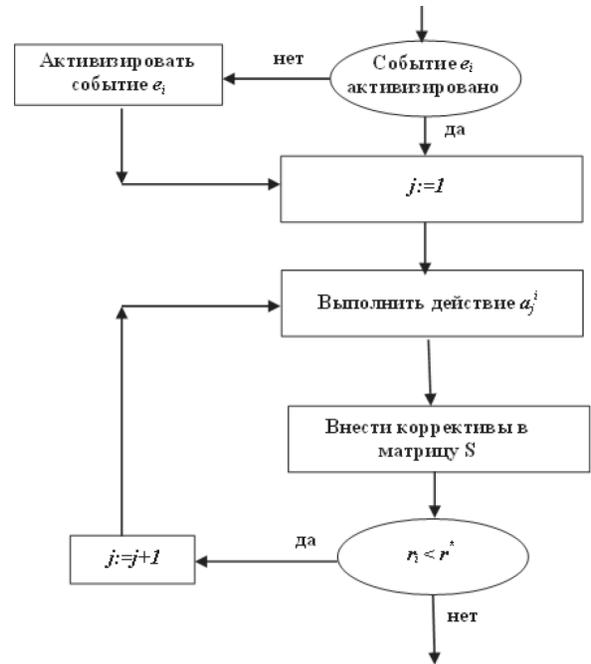
Количество возможных действий можно сократить до шести:  $a_1$  - выдача на терминал компактного представления фрагмента изучаемого материала;  $a_2$  - выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала;  $a_3$  - выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала с поясняющими примерами;  $a_4$  - выдача на терминал детального представления фрагмента изучаемого материала в контексте с базовыми подводящими понятиями;  $a_5$  - возврат к уже пройденным фрагментам материала (событиям);

$a_6$  - коррекция порогового значения исходов событий  $r_i^*$ . При этом в первых четырех действиях после выдачи фрагмента материала срабатывает процедура проверки наличия или отсутствия необходимости самооценки или объективного тестирования уровня усвоения материала.

Рабочая память интеллектуальной обучающей среды, фиксирующая состояния процесса обучения, представлена матрицей состояний  $S$ , столбцам которой поставлены в соответствие идентификаторы событий, строкам – идентификаторы действий, направленных на реализацию событий. Строки пронумерованы в порядке нарастания информационной емкости действий. Элемент  $s_{ji}$  матрицы  $S$  фиксирует исход события  $e_i$  как результат выполнения действия  $a_j$ , т.е.  $s_{ji} = r_i$  после выполнения действия  $a_j$ . Перед началом логического вывода матрица состояний пуста. В процессе идентификации и срабатывания правил ее элементы (начиная с первого столбца) принимают значения исходов событий как результатов выполнения действий, направленных на их реализацию. По завершению процесса обучения оказываются заполненными в соответствии со стратегией подкрепления и действиями обучаемого все столбцы матрицы  $S$ .

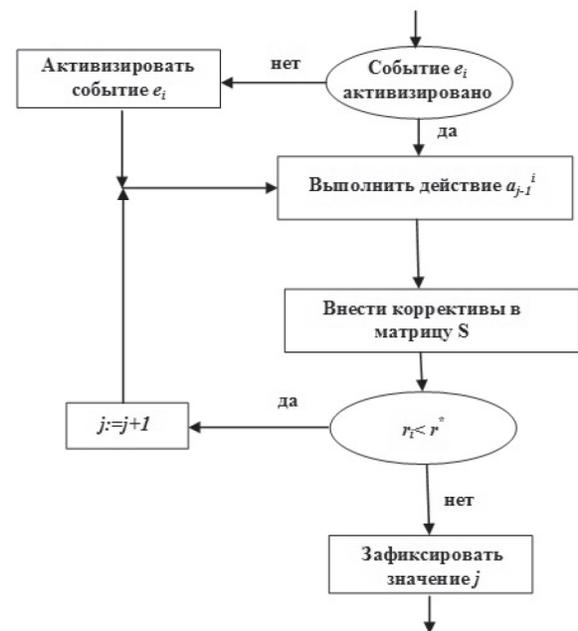
В качестве одной из возможных стратегий может быть использована примитивная стратегия выбора действий, представленная локальным графом решений на рисунке 2, согласно которой реализация каждого очередного инициализированного события начинается с наиболее компактного (наименее информативного) действия и продолжается на более высоких уровнях до достижения запланированного уровня усвоения материала. В таком случае столбцы матрицы состояний запол-

няются в порядке возрастания номеров строк, начиная с 1, без учета опыта предыдущих событий, и процесс обучения может оказаться излишне громоздким.



Р и с. 2. Локальный граф представления примитивной стратегии выбора действий

F i g. 2. Local graph of representation of a primitive strategy of choice of actions



Р и с. 3. Локальный граф представления адаптивной стратегии выбора действий

F i g. 3. Local graph of representation of an adaptive strategy of choice of actions



Заслуживает внимания принятая за основу в данной работе адаптивная стратегия выбора действий при активизации и реализации очередного события, представленная локальным графом решений на рисунке 3. Она направлена на использование в качестве исходного для реализации очередного события действия, на порядок менее емкого (по сравнению с итоговым действием предыдущего события). Если такого действия нет, среда остается на том же уровне выдачи информации.

## Практическая часть

Рассматривая вышеизложенную концепцию с позиций практической реализации, можно принять ряд следующих допущений.

Первое касается представления сценария обучения на уровне событий в виде четко спланированной экспертом (преподавателем) последовательности фрагментов изучаемого материала. Это могут быть: содержательная постановка определенной задачи, ее математическая формулировка, сравнительный анализ подходов к ее решению, описание конкретного алгоритма и т.п. При этом отсутствие неопределенности на этом уровне позволяет рассматривать граф решений как линейный (без ветвлений) алгоритм.

Второе: планировать стратегию выбора действий в виде графа решений, трансформировать его в набор продукционных правил, из которых собирать конкретные действия, направленные на реализацию события, тоже не имеет смысла ввиду ее определенности и возможности представления конкретным алгоритмом.

Третье: можно считать, что для каждого события предусмотрена либо самооценка  $t_i$  уровня усвоения  $l_i$  соответствующего фрагмента материала после каждого действия, либо определение его как результата объективного тестирования  $t_i$ ; при этом исход события  $r_i = l_i$ .

Таким образом, алгоритм перехода между событиями  $e_i$  и  $e_{i+1}$  (при условии, что процессом обучения управляет интеллектуальная обучающая среда) определяется следующими правилами:

1. В начальный момент времени активизируется событие  $e_i$ , и его реализация осуществляется в соответствии с примитивной стратегией выбора действий по алгоритму, представленному на рисунке 2.
2. Реализация каждого последующего события  $e_i$ ,  $i=2,3,\dots,K$ , осуществляется в соответствии с адаптивной стратегией выбора действий по алгоритму, представленному на рисунке 3 ( $K$  - общее количество фрагментов изучаемого материала).
3. Указанную последовательность событий и действий в них могут нарушать только активизируемые обучаемым действие  $a_p$ , связанное с возвратом к уже пройденным фрагментам материала, и действие  $a_c$ , реализующее возможность коррекции порогового значения исходов событий  $r_i^*$ .

Выше описанные правила положены в основу стратегии выбора действий в интеллектуальной обучающей среде (ИОС). Алгоритм, реализующий стратегию выбора действий (механизм подкрепления) на основе обратной связи с обучаемым через рабочую память системы (матрицу состояний), обеспечивает адаптацию обучающей среды к внешней среде (обучаемому).

Рассмотренный прототип оболочки ИОС, способной настраиваться на различные изучаемые дисциплины, реализован на платформе JavaFX с использованием языка ООП Java версии 1.8, фреймворка JUnit версии 4.12, фреймворка Apache Maven версии 3.6.3. Для разработки приложения использовалась среда разработки IntelliJ IDEA.

Использование оболочки ИОС, настроенной на конкретные дисциплины, наряду с другими средствами методологической электронной поддержки [24]-[27], будет способствовать повышению качества учебного процесса (особенно проводимого в дистанционном формате) и формированию на должном уровне компетенций, определенных образовательными стандартами ННГУ [28].

## Заключение

Представленная в данной работе оболочка интеллектуальной обучающей среды (ИОС) на теоретическом уровне рассматривалась как гибридная интеллектуальная обучающая среда (ГИОС), объединяющая в себе две составляющие: аналитическую часть, базирующуюся на концепции системы, основанной на знаниях продукционного типа, и синтетическую составляющую, реализующую логику функционирования обучающей среды в нейросетевом базисе. Принятые на этапе практической реализации допущения способствовали созданию достаточно компактной и доступной интеллектуальной обучающей среды (ИОС) с целью скорейшего ее внедрения в учебный процесс. Вопросы исследования целесообразности использования ветвящихся графов решений для описания нечеткой логики формирования последовательности событий и нейросетевых технологий ее представления, остаются открытыми.

## Список использованных источников

- [1] Басалин, П. Д. Организация интеллектуальной обучающей среды с применением новых информационных технологий / П. Д. Басалин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2002. – С. 21-25.
- [2] Басалин, П. Д. Оболочка гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа / П. Д. Басалин, А. Е. Тимофеев // Образовательные технологии и общество. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 396-405. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253182> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [3] Реализация гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа / П. Д. Басалин, Е. А. Кумагина, Е. А. Неймарк, А. Е. Тимофеев, И. А. Фомина, Н. Н. Чернышова. – DOI 10.25559/SITITO.14.201801.256-267 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2018. – Т. 14, № 1. – С. 256-267. – Рез. англ.
- [4] Басалин, П. Д. Архитектура оболочки гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений / П. Д. Басалин, К. В. Безрук // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2012. – № 8. – С. 26-35. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17997728> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [5] Басалин, П. Д. Оболочка гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений /



- П. Д. Басалин, А. Е. Тимофеев // Системы управления и информационные технологии. – 2018. – № 1(71). – С. 24-28. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32614303> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [6] Интеллектуальные образовательные технологии в учебном процессе / П. Д. Басалин, П. Ю. Белокрылов, А. С. Плехов, А. Я. Тимофеев, Д. А. Яшунин // Образовательные технологии и общество. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 186-196. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233714> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [7] Басалин, П. Д. Нечеткие модели функционирования гибридной интеллектуальной обучающей среды производственного типа / П. Д. Басалин, А. Е. Тимофеев // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 49-55. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36915740> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [8] Басалин, П. Д. Адаптация гибридной интеллектуальной обучающей среды с подкреплением / П. Д. Басалин, Д. А. Куликов, Ю. В. Маскина. – DOI 10.25559/SITITO.16.202003.788-798 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 788-798. – Рез. англ.
- [9] Свирина, М. Н. Содержание и структура дистанционного курса по формированию информационно-библиотечной грамотности будущих музыкантов-педагогов в процессе вузовской подготовки / М. Н. Свирина. – DOI 10.31862/2309-1428-2020-8-1-164-177 // Музыкальное искусство и образование. – 2020. – № 1. – С. 164-177. – Рез. англ.
- [10] Серегина, Е. А. Технология дистанционного обучения как способ получения высшего образования в России / Е. А. Серегина // Перспективы науки и образования. – 2018. – № 2(32). – С. 25-29. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32878983> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [11] Бабиева, Н. А. Дистанционное библиотечное образование в эпоху глобализации и информационных технологий: опыт и перспективы / Н. А. Бабиева, Т. И. Ключенко, Ю. Н. Дрешер // Научные и технические библиотеки. – 2018. – № 6. – С. 95-103. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35325014> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [12] Старчикова, И. Ю. Особенности дистанционного обучения в современных условиях российского вуза: по материалам опроса студентов / И. Ю. Старчикова. – DOI 10.32744/pse.2021.2.7 // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 2(50). – С. 103-117. – Рез. англ.
- [13] Грунт, Е. В. Дистанционное образование в условиях пандемии: новые вызовы российскому высшему образованию / Е. В. Грунт, Е. А. Беляева, С. Лисситса. – DOI 10.32744/pse.2020.5.3 // Перспективы науки и образования. – 2020. – № 5(47). – С. 45-58. – Рез. англ.
- [14] Бекова, С. К. Образовательное неравенство в условиях пандемии COVID-19: связь социально-экономического положения семьи и опыта дистанционного обучения студентов / С. К. Бекова, Е. А. Терентьев, Н. Г. Малошенок. – DOI 10.17323/1814-9545-2021-1-74-92 // Вопросы образования. – 2021. – № 1. – С. 74-92. – Рез. англ.
- [15] Назаров, В. Л. Шоковая цифровизация образования: восприятие участников образовательного процесса / В. Л. Назаров, Д. В. Жердев, Н. В. Авербух. – DOI 10.17853/1994-5639-2021-1-156-201 // Образование и наука. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 156-201. – Рез. англ.
- [16] Лашманова, В. Ф. Образовательные услуги вуза и потребности рынка труда / В. Ф. Лашманова // Перспективы науки и образования. – 2018. – № 3(33). – С. 59-62. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35204092> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [17] Клячко, Т. Л. Кадровая ситуация в школе: мнение учителей / Т. Л. Клячко, Е. А. Семионова, Г. С. Токарева. – DOI 10.17323/1814-9545-2020-4-232-249 // Вопросы образования. – 2020. – № 4. – С. 232-249. – Рез. англ.
- [18] Рогозин, Д. М. Представления преподавателей вузов о будущем дистанционного образования / Д. М. Рогозин. – DOI 10.17323/1814-9545-2021-1-31-51 // Вопросы образования. – 2021. – № 1. – С. 31-51. – Рез. англ.
- [19] Сулова, Н. В. Возможности и риски дистанционного формата музыкального обучения школьников / Н. В. Сулова. – DOI 10.31862/2309-1428-2020-8-4-116-135 // Музыкальное искусство и образование. – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 116-135. – Рез. англ.
- [20] Захарова, У. С. Этому невозможно обучить онлайн: прикладные специальности в условиях пандемии / У. С. Захарова, К. А. Вилкова, Г. В. Егоров. – DOI 10.17323/1814-9545-2021-1-115-137 // Вопросы образования. – 2021. – № 1. – С. 115-137. – Рез. англ.
- [21] Чернышов, С. А. Массовый переход школы на дистанционное обучение в оценках локального педагогического сообщества / С. А. Чернышов. – DOI 10.17853/1994-5639-2021-3-131-155 // Образование и наука. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 131-155. – Рез. англ.
- [22] Носкова, Т. Н. ИКТ-инструменты профессиональной деятельности педагога: сравнительный анализ российского и европейского опыта / Т. Н. Носкова, Т. Б. Павлова, О. В. Яковлева. – DOI 10.15507/1991-9468.090.022.201801.025-045 // Интеграция образования. – 2018. – Т. 22. – № 1(90). – С. 25-45. – Рез. англ.
- [23] Басалин, П. Д. Модели и методы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений / П. Д. Басалин, К. В. Безрук, М. В. Радаева. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2011. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19599513> (дата обращения: 17.12.2020).
- [24] Кузенков, О. А. Модернизация математических программ на основе российских и международных стандартов / О. А. Кузенков, И. В. Захарова. – DOI 10.25559/SITITO.14.201801.233-244 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2018. – Т. 14, № 1. – С. 233-244. – Рез. англ.
- [25] Кузенков, О. А. Использование электронных средств обучения при модернизации курса «Математическое моделирование процессов отбора» / О. А. Кузенков, Г. В. Кузенкова, Т. П. Киселева // Образовательные технологии и общество. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 435-448. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253185> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.



- [26] Кузенков, О. А. Компьютерная поддержка учебно-исследовательских проектов в области математического моделирования процессов отбора / О. А. Кузенков, Г. В. Кузенкова, Т. П. Киселева // Образовательные технологии и общество. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 152-163. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37037790> (дата обращения: 17.12.2020). – Рез. англ.
- [27] Kuzenkov, O. Exploring evolutionary fitness in biological systems using machine learning methods / O. Kuzenkov, G. Kuzenkova, A. Morozov. – DOI 10.3390/e23010035 // Entropy. – 2021. – Vol. 23, No. 1. – Pp. 1-17.
- [28] Гергель, В. П. Разработка образовательного стандарта Нижегородского госуниверситета по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии» / В. П. Гергель, Е. В. Гугина, О. А. Кузенков // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2010. – Т. 6, № 1. – С. 51-60. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24172758> (дата обращения: 17.12.2020).

Поступила 17.12.2020; одобрена после рецензирования 15.02.2021; принята к публикации 10.03.2021.

#### Об авторах:

**Басалин Павел Дмитриевич**, доцент кафедры информатики и автоматизации научных исследований, Институт информационных технологий, математики и механики, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), кандидат технических наук, доцент, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4703-6687>, [basalin84@mail.ru](mailto:basalin84@mail.ru)

**Куликов Дмитрий Александрович**, студент кафедры информатики и автоматизации научных исследований, Институт информационных технологий, математики и механики, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9661-9056>, [vulfcorp@mail.ru](mailto:vulfcorp@mail.ru)

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

- [1] Basalin P.D. *Organizacija intelektual'noj obuchajushhej sredy s primeneniem novyh informacionnyh tehnologij* [Organization of intellectual learning environment with the use of new information technologies]. *Russian Journal of Water Transport*. 2002; 21-25. (In Russ.)
- [2] Basalin P.D., Timofeev A.E. The shell of a hybrid intellectual learning environment of a production type. *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):396-405. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253182> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [3] Basalin P.D., Kumagina E.A., Neumark E.A., Timofeev A.E., Fomina I.A., Chernyshova N.N. Ule-based Hybrid Intelligent Learning Environment Implementation. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2018; 14(1):256-267. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.14.201801.256-267>
- [4] Basalin P.D., Bezruk K.V. Hybrid intellectual decision making support system architecture. *Neurocomputers*. 2012; (8):26-35. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17997728> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [5] Basalin P.D., Timofeev A.E. Hybrid Intelligent Decision Support System Shell. *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii = Automation and Remote Control*. 2018; (1):24-28. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32614303> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [6] Basalin P.D., Belokrylov P.Yu., Plekhov A.S., Timofeev A.Ya, Yashunin D.A. *Intellektual'nye obrazovatel'nye tehnologii v uchebnom processe* [Intellectual educational technologies in the educational process]. *Educational Technology & Society*. 2019; 22(4):186-196. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233714> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [7] Basalin P.D., Timofeev A.E. Fuzzy Models for the Functioning of the Rule-Based Hybrid Intelligent Learning Environment. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(2):49-55. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36915740> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [8] Basalin P.D., Kulikov D.A., Maskina Yu.V. Adapting a Hybrid Intelligent Reinforcement Learning Environment. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2020; 16(3):788-798. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202003.788-798>
- [9] Svirina M.N. Content and structure of the distance course on the formation of the information and library system literacy of future musicians-teachers in the process of high school preparation. *Musical Art and Education*. 2020; (1):164-177. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.31862/2309-1428-2020-8-1-164-177>
- [10] Seregina E.A. The technology of distance learning as a way of obtaining higher education in Russia. *Perspektivy nauki i obrazovania = Perspectives of Science and Education*. 2018; (2):25-29. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32878983> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [11] Babieva N.A., Klyuchenko T.I., Drescher J.N. Distance library education in the era of globalization and information technologies: the experience and prospects. *Scientific and Technical Libraries*. 2018; (6):95-103. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35325014> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [12] Starchikova I.Yu. Features of distance learning in the modern conditions of a Russian university: based on the materials of a survey of students. *Perspektivy nauki i obrazovania = Perspectives of Science and Education*. 2021; (2):103-117. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.32744/pse.2021.2.7>
- [13] Grunt E.V., Belyaeva E.A., Lissitsa S. Distance education during the pandemic: new challenges to Russian higher ed-



- ucation. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* = Perspectives of Science and Education. 2020; (5):45-58. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.32744/pse.2020.5.3>
- [14] Bekova S.K., Terentev E.A., Maloshonok N.G. *Obrazovatel'noe neravenstvo v usloviyakh pandemii COVID-19: svyaz' sotsial'no-ekonomicheskogo polozheniya sem'i i opyta distantsionnogo obucheniya studentov* [Educational Inequality and COVID-19 Pandemic: Relationship between the Family Socio-Economic Status and Student Experience of Remote Learning]. *Voprosy obrazovaniya* = Educational Studies Moscow. 2021; (1):74-92. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-1-74-92>
- [15] Nazarov V.L., Zherdev D.V., Averbukh N.V. Shock digitalisation of education: The perception of participants of the educational process. *The Education and Science Journal*. 2021; 23(1):156-201. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-1-156-201>
- [16] Lashmanova V.F. Educational services of the University and labor market needs. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* = Perspectives of Science and Education. 2018; (3):59-62. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35204092> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [17] Klyachko T.V., Semionova E.A., Tokareva G.S. School Staffing: Teachers' Perceptions. *Voprosy obrazovaniya* = Educational Studies Moscow. 2020; (4):232-249. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-4-232-249>
- [18] Rogozin D.M. *Predstavleniya prepodavateley vuzov o budushchem distantsionnogo obrazovaniya* [The Future of Distance Learning as Perceived by Faculty Members]. *Voprosy obrazovaniya* = Educational Studies Moscow. 2021; (1):31-51. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-1-31-51>
- [19] Suslova N.V. Opportunities and risks of distance format in music learning to schoolchildren. *Musical Art and Education*. 2020; 8(4):116-135. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.31862/2309-1428-2020-8-4-116-135>
- [20] Zakharova U.S., Vilkovaly K.A., Egorov G.V. *Etomu nevozmozhno obuchit onlain: prikladnye spetsialnosti v usloviyakh pandemii* [It Can't Be Taught Online: Applied Sciences during the Pandemic]. *Voprosy obrazovaniya* = Educational Studies Moscow. 2021; (1):115-137. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-1-115-137>
- [21] Chernyshov S.A. Massive shift of schools towards distance learning in the estimates of a local pedagogical community. *The Education and Science Journal*. 2021; 23(3):131-155. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-3-131-155>
- [22] Noskova T.N., Pavlova T.B., Yakovleva O.V. ICT Tools of Professional Teacher Activity: A Comparative Analysis of Russian and European Experience. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2018; 22(1):25-45. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.090.022.201801.025-045>
- [23] Basalin P.D., Bezruk K.V., Radaeva M.V. *Modeli i metody intellektual'noj podderzhki processov prinjatija reshenij* [Models and methods of intellectual support of decision-making processes]. UNN Publ., Nizhny Novgorod; 2011. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19599513> (accessed 11.02.2021). (In Russ.)
- [24] Kuzenkov O.A., Zakharova I.V. Mathematical programs modernization based on Russian and international standards. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2018; 14(1):233-244. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.14.201801.233-244>
- [25] Kuzenkov O. A., Kuzenkova G. V., Kiseleva T. P. *Ispol'zovanie jelektronnyh sredstv obuchenija pri modernizacii kursa "Matemathicheskoe modelirovanie processov otbora"* [The use of electronic learning tools in the modernization of the course "Mathematical modeling of selection processes"]. *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):435-448. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253185> (accessed 11.02.2021). (In Russ.)
- [26] Kuzenkov O.A., Kuzenkova G.V., Kiseleva T.P. *Komp'yuternaja podderzhka uchebno-issledovatel'skih proektov v oblasti matemathicheskogo modelirovanija processov otbora* [Computer support of educational and research projects in the field of mathematical modeling of selection processes]. *Educational Technology & Society*. 2019; 22(1):152-163. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37037790> (accessed 11.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [27] Kuzenkov O., Kuzenkova G., Morozov A. Exploring evolutionary fitness in biological systems using machine learning methods. *Entropy*. 2021; 23(1):1-17. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/e23010035>
- [28] Gergel V.P., Gugina E.V., Kuzenkov O.A. *Razrabotka obrazovatel'nogo standarta Nizhegorodskogo gosuniversiteta po napravleniju "Fundamental'naja informatika i informacionnye tehnologii"* [Development of the educational standard of the Nizhny Novgorod State University in the direction of "Fundamental Informatics and information technologies"]. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2010; 6(1):51-60. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24172758> (accessed 11.02.2021). (In Russ.)

Submitted 17.12.2020; approved after reviewing 15.02.2021;  
accepted for publication 10.03.2021.

#### About the authors:

**Pavel D. Basalin**, Associate Professor of the Department of Informatics and Automation of Scientific Research, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation), Ph.D. (Engineering), Associate Professor, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0003-4703-6687>, [basalin84@mail.ru](mailto:basalin84@mail.ru)

**Dmitrii A. Kulikov**, student of the Department of Informatics and Automation of Scientific Research, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation), **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-9661-9056>, [vulfcorp@mail.ru](mailto:vulfcorp@mail.ru)

All authors have read and approved the final manuscript.

