



## Образовательные ресурсы и лучшая практика ИТ-образования

### Educational resources and best practices of IT Education

УДК 004.89

DOI: 10.25559/SITITO.14.201801.256-267

#### 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**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
г. Нижний Новгород, Россия

#### Аннотация

*Обучение рассматривается как интеллектуальный процесс, сценарий развития которого при индивидуальном подходе к обучаемому заранее не известен. Он формируется в ходе освоения материала и во многом зависит от интеллектуальных способностей обучаемого,*

#### Об авторах:

**Басалин Павел Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент, Институт информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4703-6687>, [basalin84@mail.ru](mailto:basalin84@mail.ru)

**Кумагина Елена Александровна**, кандидат технических наук, доцент, Институт информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5199-8814>, [kumagina@inbox.ru](mailto:kumagina@inbox.ru)

**Неймарк Елена Александровна**, кандидат технических наук, доцент, Институт информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3597-4158>, [e.neumark@mail.ru](mailto:e.neumark@mail.ru)

**Тимофеев Алексей Евгеньевич**, аспирант, Институт информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5734-2253>, [alexey.timofeev@itmm.unn.ru](mailto:alexey.timofeev@itmm.unn.ru)

**Фомина Ирина Александровна**, кандидат технических наук, доцент, Институт информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0935-0982>, [fomis54@mail.ru](mailto:fomis54@mail.ru)

**Чернышова Наталья Николаевна**, кандидат физико-математических наук, доцент, Институт информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, Россия, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3537-7532>, [nnch2003@mail.ru](mailto:nnch2003@mail.ru)

© Басалин П.Д., Кумагина Е.А., Неймарк Е.А., Тимофеев А.Е., Фомина И.А., Чернышова Н.Н., 2018



его уровня подготовки, психологических особенностей, условий обучения и других факторов. Процесс обучения представлен в пространстве состояний, где переход из одного состояния в другое реализуется событием, связанным с выводом на терминал неделимого логически законченного фрагмента изучаемого материала с оценкой (при необходимости) уровня его усвоения обучаемым. Исходя из этого, предлагается реализация оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды, базирующейся на концепции системы, основанной на знаниях продукционного типа, и нейросетевых технологиях принятия решений, способной через формализм базы знаний настраиваться на различные предметные области. Дается описание принципов реализации основных подсистем интеллектуальной среды, их лингвистического, информационного и программного обеспечения. В качестве формализма описания знаний эксперта (преподавателя) на инфологическом уровне предлагается граф решений, позволяющий компактно описывать логику рассуждений при планировании рабочего сценария обучения. В подсистеме приобретения знаний предусмотрены алгоритмы трансформации графа решений в набор продукционных правил (для аналитической составляющей интеллектуальной среды) и преобразования его в эквивалентную по логике «рассуждений» нейронную сеть прямого распространения (для синтетической составляющей). Описан механизм потактового формирования сценария обучения под управлением нейронной сети с учетом возможностей двухуровневого (компактного и детального) представления изучаемого материала и возврата в любое из предшествующих состояний для «освежения» пройденных положений и понятий. Как перспектива развития обозначена проблема выработки определенных рекомендаций (методологии) формирования исходного графа решений с учетом специфики конкретных предметных областей.

#### Ключевые слова

Система, основанная на знаниях; продукционные правила; нейронная сеть; гибридная интеллектуальная обучающая среда; индивидуальный сценарий обучения.

## RULE-BASED HYBRID INTELLIGENT LEARNING ENVIRONMENT IMPLEMENTATION

**Pavel D. Basalin, Elena A. Kumagina, Elena A. Neumark, Aleksei E. Timofeev,  
Irina A. Fomina, Natal'ja N. Chernyshova**

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

#### Abstract

*Learning is considered as an intelligent process the development scenario of which, with an individual approach to the learner, is not known in advance. The scenario is built during learning material studying and it largely depends on the intellectual abilities of the the student, his preparation level, psychological traits, learning environment conditions and other factors. Learning process is treated as a movement in state-space representation, where state transition is an event linked with output to terminal logically finished piece of learning material with grading (if needed). In this regard, we introduced an implementation of the hybrid intellectual learning environment shell which is based on rules and neural network inference and may be tuned to different subject areas using knowledge base. The author describes the implementation principles of main subsystems, their lingware, information provision and software. Solution graph is introduced to represent expert (teacher) knowledge on the conceptual level. The graph allows us to compactly describe logic of reasoning which is used while learning scenario planning. In the knowledge acquiring subsystem transformation algorithm is envisaged from solution graph to rule base (for analytical part of the learning environment) or to equivalent straightforward neural network (for synthetic part). The author describes a mechanism of the scenario tact by tact formation governed by neural network with possibility of two-level*



*representation of the learning material (compact and detailed) and returning to previous system states to refresh past materials. As a prospect for further development, the problem of developing a methodology for creating a source graph of a solution for subject areas was mentioned.*

### Keywords

*Knowledge based system; production rules; neural network; hybrid intellectual learning environment; individual learning scenario.*

### Введение

В современных условиях развития общества особую актуальность приобретают проблемы эффективного информационного обеспечения и интеллектуальной поддержки процессов принятия решений в различных областях человеческой деятельности. Особого внимания они заслуживают в сфере образования – одном из самых распространенных видов интеллектуальной деятельности человека. Процесс обучения, сценарий развития которого при индивидуальном подходе к обучаемому априори не известен, рождается непосредственно в ходе освоения им изучаемого материала и во многом зависит от его интеллектуальных способностей, уровня подготовки, психологических особенностей, условий обучения и других факторов.

Организация учебного процесса с использованием компьютерных технологий, таких как электронные курсы (в том числе онлайн-курсы формата MOOC) [9]-[14], [20]-[24], компьютерное тестирование [15], [16], дает свой эффект в плане совершенствования дистанционных форм образования, повышения качества подготовки обучаемого, способствующего формированию у него необходимых общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций как в России [17]-[19], так и за рубежом [25]-[27]. Однако из-за отсутствия в них фундаментальной интеллектуальной основы они не располагают возможностью максимально адаптировать процесс обучения к индивидуальным особенностям обучаемого, что позволяют делать системы (среды), базирующиеся на моделях и методах искусственного интеллекта.

Первые эксперименты по созданию таких систем связаны с работами авторов [1], [4], в которых были рассмотрены базовые принципы организации гибридной интеллектуальной обучающей среды, интегрирующей в себе технологии системы, основанной на знаниях

фреймово-продукционного типа, и нейросетевого подхода к планированию сценария обучения. При этом в работе [4] за основу была принята архитектура оболочки гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений [2], [3], адаптированная к условиям применения в учебном процессе.

При настройке на конкретную предметную область система предполагала структурирование содержания дисциплины, методологии и дидактики ее преподавания в формате фреймово-продукционной модели представления знаний. Выполнение этого сложного этапа, в частности, для компьютерных дисциплин, дающих синергетический вклад в формирование профессиональных компетенций, связанных с применением и развитием информационно-коммуникационных технологий, осуществлялось с учетом тесной связи их между собой. Прежде всего, это касалось определения состава дисциплин, обеспечивающих формирование предусмотренных учебным планом компетенций. В работах [5], [6] для решения этой проблемы был принят комплексный системный подход к автоматизации процессов получения, хранения, обработки, передачи и использования информации, базирующийся на обобщенном десятиуровневом представлении архитектуры вычислительной системы.

Однако структурирование содержания дисциплин, методологии и дидактики их преподавания в формате введенной фреймово-продукционной модели представления знаний эксперта (преподавателя) вылилось в довольно сложную проблему из-за отсутствия достаточно удобного формализма описания знаний на инфологическом уровне. Помимо всего прочего возникло много вопросов, связанных с выбором базовой архитектуры нейросетевой составляющей и взаимодействием ее с аналитической частью системы.

Устранению отмеченных недостатков в значительной степени способствовала



разработка оболочки гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений [7], аналитическая составляющая которой базируется на знаниях продукционного типа, а в качестве нейросетевой составляющей выступает сеть прямого распространения (многослойный перцептрон). Вариант адаптации оболочки к использованию в образовательном процессе, ограниченный четкой логикой планирования сценария обучения, представлен в работе [8]. Данная статья расширяет это представление в направлении использования нечеткой логики планирования рабочего сценария и более гибких технологий взаимодействия аналитической и синтетической составляющих оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа, способной через формализм базы знаний настраиваться на различные предметные области.

### Теоретическая часть

Базовые принципы организации оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды исходят из представления процесса обучения в пространстве состояний, которое предполагает существование счетного множества  $S$  состояний и множества  $E$  событий, реализующих переход системы из одного состояния в другое. Процесс планирования и реализации рабочего сценария обучения представляет собой передвижение в пространстве состояний с целью достижения желаемого множества состояний. Проблема считается решенной, если найдена последовательность событий  $E^* = e_1, e_2, \dots, e_k$ , порождающая  $s^* = e_k(e_{k-1}(\dots(e_2(e_1(s^0)))) \dots)$ , где  $s^0$  – некоторое состояние из множества начальных состояний,  $s^*$  – некоторое состояние из множества целевых состояний.

Под событием понимается вывод на терминал неделимого логически законченного фрагмента изучаемого материала с оценкой (при необходимости) уровня его усвоения обучаемым. Конкретное событие может быть связано с введением очередного определения, понятия, описанием алгоритма, типового функционального блока и т.д. Каждому событию в базе знаний интеллектуальной среды поставлено в соответствие продукционное правило, antecedent которого

определяет условия активации события в виде перечня имен тех событий, без инициализации которых данное событие невозможно. В консеквенте правила указывается имя активизируемого события. Под этим именем событие фиксируется в рабочей памяти системы, определяющей ее состояние. С ним же связаны фрагмент (файл) изучаемого материала, представленного на двух уровнях (компактный и детальный), и тесты, определяющие степень усвоения материала. Последняя оценивается по непрерывной шкале  $[0,1]$  как усредненный результат тестирования и, возможно, субъективной самооценки обучаемого или как среднее значение уровней усвоения материала событий, указанных в antecedente правила.

Важно отметить, что представление процесса обучения в пространстве состояний хорошо согласуется с моделями и методами искусственного интеллекта, положенными в основу построения обучающей среды. Во-первых, это формализм представления знаний продукционного типа, лежащий в основе аналитической составляющей системы (ее состояния определяются содержимым рабочей памяти: событиями, приведшими к текущей ситуации, с оценками их исходов - степени усвоения материала). Во-вторых, это возможность описания знаний эксперта на инфологическом уровне с использованием доступного формализма *графа решений*, позволяющего компактно и наглядно описывать нечеткую логику рассуждений эксперта. В-третьих, это естественность применения сети прямого распространения (многослойного перцептрона) в качестве базовой архитектуры нейросетевой составляющей.

В общем случае *граф решений* – это ориентированный помеченный граф с вершинами двух типов:

*вершины условий* (типа «овал»), из которых могут исходить несколько ребер (например, по «да»), соответствующих различным исходам события, имя которого указано в вершине-овале;

*вершины выводов* (типа «прямоугольник»), имеющие один вход и один выход для промежуточных выводов, и не имеющие выхода в случае окончательного вывода.

Вершина вывода содержит имя события, востребованного текущей ситуацией.

Пример описания в виде графа решений



фрагмента знаний из курса «Схемотехника и организация вычислительных систем» приведен на *рисунке 1*.

Для компактного представления на *рисунке 1* использованы следующие имена событий:

- $e_1$  – введение понятия вычислений;
- $e_2$  – введение понятия вычислительной

системы (ВС);

$e_3$  – введение понятия архитектуры ВС;

$e_4$  – многоуровневое представление архитектуры ВС;

$e_5$  – базовый естественно-математический уровень;

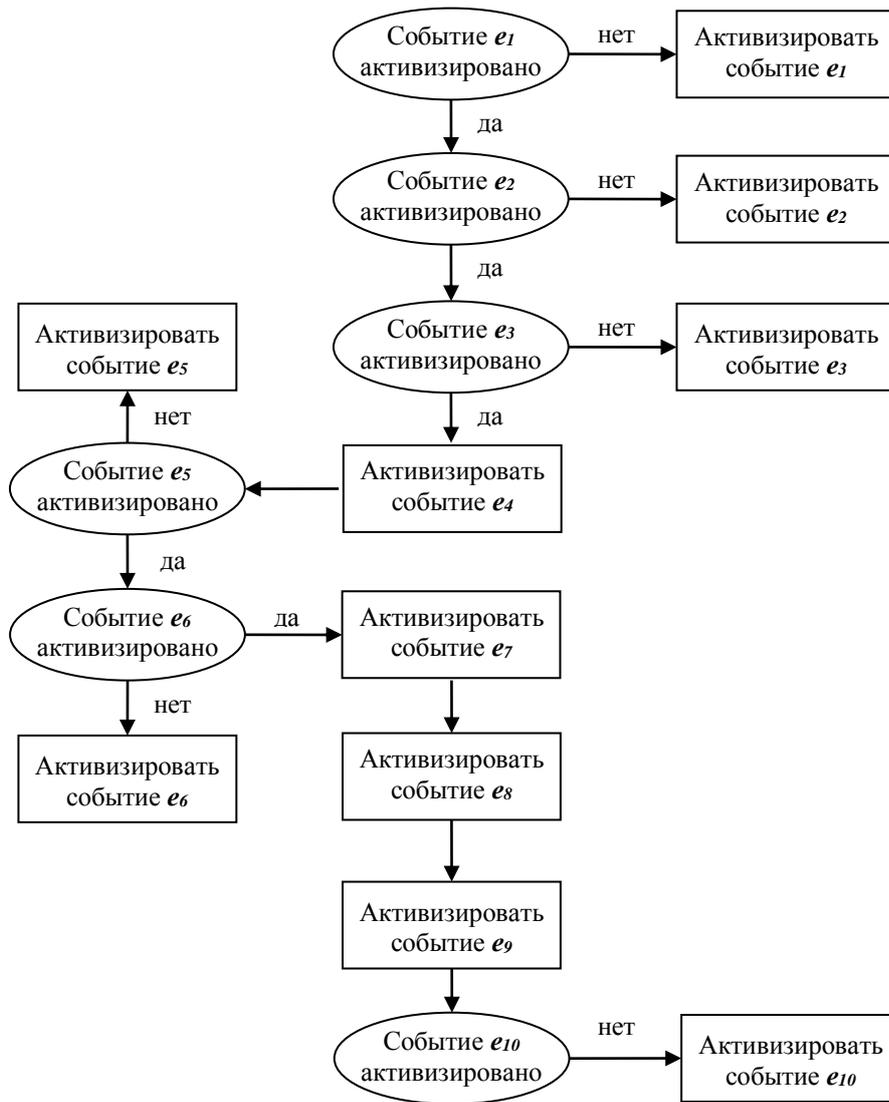


Рис. 1. Фрагмент знаний из курса «Схемотехника и организация вычислительных систем» в виде графа решений

- $e_6$  – аналоговый уровень;
- $e_7$  – аналоговые схемы логических элементов;
- $e_8$  – электронный ключ;
- $e_9$  – логический элемент И-НЕ;
- $e_{10}$  – уровень цифровой схемотехники.

**Реализационная часть**

Предлагаемая оболочка гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа имеет в своем составе: исходно пустую базу знаний; подсистему приобретения знаний; механизм вывода; исходно пустую нейросетевую



составляющую;

интеллектуальный интерфейс.

*База знаний* объединяет в себе долговременные знания о предметной области в виде *набора производственных правил (базу правил)*, информационный материал событий и сопровождающих их тестов, а также оперативные данные *рабочей памяти*, фиксирующей состояние среды обучения.

*База правил* представлена двумя массивами:

*массив имен событий антецедентов правил;*

*массив имен событий консеквентов правил.*

В *массиве имен событий антецедентов правил* под каждое правило отведено по три элемента в предположении, что антецедент любого правила может включать не более трех имен. Данное ограничение означает, что в цепочках графа решений, просматриваемых алгоритмом генерации правил, должно быть не более четырёх вершин (включая вершину вывода, к которой приводит цепочка). Более длинные цепочки можно разорвать введением промежуточного вывода (пусть даже искусственного, не имеющего четко определенного смысла). Каждое имя события складывается из его идентификатора и значения степени его усвоения (исхода).

Рассмотренная организация базы правил легко обеспечивает ее открытость в плане внесения необходимых локальных изменений (замены, удаления или введения новых правил).

*Рабочая память* оболочки представлена *таблицей событий*, каждая строка которой имеет два поля. Первое поле определяет идентификатор события, которое может входить в антецеденты правил. Второе поле представляет значение степени усвоения материала (исход) события, вычисленное при его активизации.

Исходно, перед началом логического вывода, заполнены только первые поля всех строк таблицы, т.е. дан перечень имен всех событий, характеризующих состояние процесса вывода (заполнение первого поля таблицы осуществляется на этапе инициализации обучающей среды путем просмотра массивов имен событий антецедентов и консеквентов правил). Затем в процессе идентификации и срабатывания правил заполняются вторые поля таблицы (значениями степени усвоения материала событий, полученными в результате

тестирования или принятыми по умолчанию за 1 в несложных ситуациях).

*Подсистема приобретения знаний* для описания их на инфологическом уровне (уровне эксперта) использует граф решений. Принимая на вход его описание, она формирует в представленном выше формате набор производственных правил. Делается это по простому алгоритму. В определенном порядке просматриваются все цепочки графа, включающие следующие подряд вершины-овалы до ближайшей вершины-прямоугольника, а также начинающиеся с вершины-прямоугольника промежуточного вывода со следующими за ней вершинами-овалами до ближайшей вершины-прямоугольника. Содержимое всех вершин конкретной выделенной цепочки, за исключением последней вершины, объединенное логическими связками И, заносится в антецедент правила, содержимое последней вершины определяет его консеквент.

К примеру, часть правил, сгенерированных по фрагменту графа решений, представленному на *рисунке 1*, выглядит следующим образом:

**ЕСЛИ** Событие  $e_1$  не активизировано  
**ТО** Активизировать событие  $e_1$

**ЕСЛИ** Событие  $e_1$  активизировано  
**И** Событие  $e_2$  не активизировано  
**ТО** Активизировать событие  $e_2$

**ЕСЛИ** Событие  $e_1$  активизировано  
**И** Событие  $e_2$  активизировано  
**И** Событие  $e_3$  не активизировано  
**ТО** Активизировать событие  $e_3$

**ЕСЛИ** Событие  $e_1$  активизировано  
**И** Событие  $e_2$  активизировано  
**И** Событие  $e_3$  активизировано  
**ТО** Активизировать событие  $e_4$

**ЕСЛИ** Событие  $e_4$  активизировано  
**И** Событие  $e_5$  не активизировано  
**ТО** Активизировать событие  $e_5$

*Механизм вывода* выполняет функции аналитического ядра интеллектуальной обучающей среды, осуществляющего построение прямой (управляемой



антецедентами) логической цепочки рассуждений с использованием стратегии поиска в ширину. Для этого в информационном обеспечении системы предусмотрена динамическая информационная структура – *очередь логического вывода*. Изначально она пуста. Первым в нее заносится идентификатор события, с которого начинается процесс обучения. Затем по мере срабатывания правил в очередь добавляются новые имена событий, указанные в их консеквентах, по которым сценарий обучения может быть продолжен. Удаление первого события из очереди происходит после срабатывания всех правил, в антецеденты которых оно входит и условия активации которых выполняются. Пустая очередь свидетельствует о завершении сценария обучения.

Помимо набора продукционных правил (для аналитической составляющей обучающей среды) подсистема приобретения знаний формирует как основу синтетической составляющей нейронную сеть прямого распространения, эквивалентную (по логике «рассуждений») исходному графу решений.

Алгоритм трансформации графа решений в эквивалентную нейронную сеть функционирует по следующим правилам:

каждой вершине вывода (промежуточного или окончательного) ставится в соответствие свой нейрон, реальный выход которого формируется в виде степени усвоения связанного с ним материала после его выдачи и проведения соответствующего тестирования;

каждой вершине-овалу сходящихся к вершине вывода цепочек, некоторые из которых могут начинаться с вершины промежуточного вывода, ставится в соответствие входная ветвь нейрона;

нейроны располагаются по слоям согласно правилу: каждый нейрон последующего слоя должен иметь входные связи только с нейронами предшествующих слоев и хотя бы

одну входную связь с каким-нибудь нейроном предыдущего, смежного с ним слоя;

каждой вершине-овалу графа решений ставится в соответствие нейрон сенсорного слоя;

сигналы выходов всех нейронов выводятся каждый на свой нейрон моторного слоя.

В качестве примера на *рисунке 2* представлена нейронная сеть, сформированная по рассмотренному алгоритму для графа решений, изображенного на *рисунке 1*.

Построенная таким образом нейронная сеть способна управлять процессом обучения, используя стратегию потактового срабатывания нейронов (активизации событий). В каждом последующем такте срабатывает нейрон, для которого активизированы все входные сигналы (их произведение не равно нулю – условие активации). При этом на моторном слое такт за тактом фиксируется последовательность состояний процесса обучения, передаваемая в рабочую память интеллектуальной среды.

Функционирующую таким образом нейронную сеть можно рассматривать как Data Flow – процессор (процессор, управляемый потоком данных).

*Подсистема объяснения* обеспечивает пользователя возможностью отслеживать динамику развития сценария обучения, оценивая текущий уровень своей компетентности и при необходимости внося в процесс обучения определенные коррективы (например, пройти повторно на компактном или детальном уровне с последующим тестированием некоторую цепочку событий). Обеспечение такой функции при работе системы как в аналитическом, так и в синтетическом режиме не вызвало никаких проблем.

*Интеллектуальный интерфейс* объединяет в себе лингвистические, информационные и программные средства взаимодействия пользователя, инженера по знаниям (аналитика)

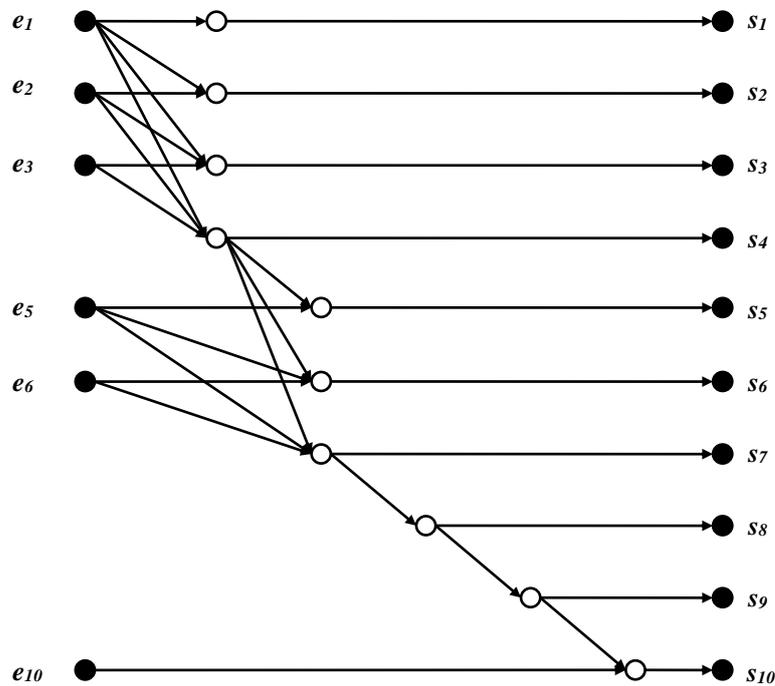


Рис. 2. Нейронная сеть, сформированная по графу решений

и эксперта с соответствующими компонентами обучающей среды (пользователя с механизмом логического вывода, подсистемой объяснения, и нейронной сетью, аналитика и эксперта с подсистемой приобретения знаний). Они ориентированы на неподготовленного пользователя, обладают способностью настраиваться на его терминологию и создавать по возможности комфортные условия для работы в системе.

Базовый вариант рассмотренной оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа реализован в системе программирования IntelliJ IDEA с использованием языка программирования Java 1.8 и в настоящее время проходит опытную эксплуатацию на кафедре «Информатики и автоматизации научных исследований» Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского применительно к

дисциплине «Интеллектуальные информационные системы» из учебного плана подготовки бакалавров по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» (профиль «Прикладная информатика в области принятия решений»).

#### Экспериментальная часть

На основе реализованного варианта оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа были проведены компьютерные эксперименты со структурированными фрагментами знаний по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы». Результаты показали состоятельность базовых принципов, заложенных в системе, и определили необходимость введения ряда дополнительных функциональных возможностей, способствующих повышению эффективности системы.

Одна из них заключается в организации двухуровневого представления



информационного материала (там, где это имеет смысл), связанного с событием: компактного и детального (возможно с использованием поясняющих примеров). При активизации события пользователю предоставляется возможность выбора того или иного представления и неоднократного прохода по ним для достижения желаемой степени усвоения материала.

Другая состоит в необходимости запоминания всей последовательности векторов состояний среды, генерируемых в процессе реализации сценария обучения. При необходимости возврата на определенное число шагов (с целью «освежения» пройденного материала) его можно осуществить подачей на входы нейронной сети соответствующего вектора состояния.

### Заключение

В данной статье предложена реализация оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды, интегрирующей в себе технологии системы, основанной на знаниях продукционного типа, и нейросетевого подхода к планированию индивидуального сценария обучения. Система способна через формализм графа решений настраиваться на различные предметные области. Проблема построения графа решений для конкретной дисциплины не из легких, и решается она неоднозначно. Дальнейшая опытная эксплуатация системы и использование ее в учебном процессе позволят выработать определенные рекомендации (методологию) формирования исходного графа решений с учетом специфики конкретных предметных областей.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Басалин П.Д.* Организация интеллектуальной обучающей среды с применением новых информационных технологий // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Межвузовская серия «Моделирование и оптимизация сложных систем». 2002. С. 21-25.
- [2] *Басалин П.Д., Безрук К.В., Радаева М.В.* Модели и методы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 129 с.
- [3] *Басалин П.Д., Безрук К.В.* Архитектура оболочки гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2012. № 8. С. 26-35.
- [4] *Басалин П.Д., Белоусова И.И.* Интерактивные формы обучения в образовательном процессе // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Инновации в образовании. 2014. № 3-4. С. 18-21.
- [5] *Басалин П.Д., Тимофеев А.Е.* Интерактивные формы обучения компьютерным наукам // Преподавание математики и компьютерных наук в высшей школе: материалы Междунар. науч.-метод. конф. (16-17 мая 2017 г.) / науч. ред. Е.К. Хеннер. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. С. 4-8.
- [6] *Басалин П.Д., Кумагина Е.А., Неймарк Е.А., Тимофеев А.Е., Фомина И.А., Чернышова Н.Н.* ИТ-образование с применением интеллектуальной обучающей среды // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13, № 4. С. 105-111. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.2017.4.384>
- [7] *Басалин П.Д., Тимофеев А.Е.* Оболочка гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений // Системы управления и информационные технологии. 2018. Т. 71, № 1. С. 24-28.
- [8] *Басалин П.Д., Тимофеев А.Е.* Оболочка гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа // Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21, № 1. С. 396-405.
- [9] *Сосновский С.А., Гиренко А.Ф., Галеев И.Х.* Информатизация математической компоненты инженерного, технического и естественнонаучного обучения в рамках проекта MetaMath // Образовательные технологии и общество. 2014. Т. 17, № 4. С. 446-457.
- [10] *Кузенков О.А., Рябова Е.А., Бирюков Р.С., Кузенкова Г.В.* Модернизация программ математических дисциплин ННГУ им. Н.И. Лобачевского в рамках проекта Meta-Math // Нижегородское образование. 2016. № 1. С. 4-10.
- [11] Ключевые ориентиры для разработки и реализации образовательных программ в предметной области «Информационно-коммуникационные технологии» / И.Ю. Петрова, В.М. Зарипова, Е.Г. Ишкина, А.В. Маликов, В.А. Варфоломеев, И.В. Захарова, О.А. Кузенков, Н.В. Курмышев, С.К. Милицкая. Бильбао: Университет Деусто. 2013. 87 с.
- [12] *Бедный Б.И., Кузенков О.А.* Интегрированные программы подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации // Интеграция образования. 2017. Т. 21, № 4. С. 637-650. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.089.021.201704.637-650>
- [13] *Грезина А.В., Панасенко А.Г.* Изучение курса физики в институте информационных технологий, математики и механики ННГУ на базе системы электронного обучения // Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21, № 1. С. 487-493.
- [14] *Кузенков О.А., Тихомиров В.В.* Использование методологии «TUNING» при разработке национальных рамок компетенций в области ИКТ // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2013. № 9. С. 77-87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23020512> (дата обращения: 15.02.18).
- [15] *Киселева Н.В.* Компьютерный комплекс по качественной теории дифференциальных уравнений для поддержки самостоятельной работы // Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21. № 1. С. 423-434.
- [16] *Кузенков О.А., Кузенкова Г.В., Бирюков Р.С.* Разработка фонда оценочных средств с использованием пакета Mathbridge //



- Образовательные технологии и общество. 2016. Т. 19, № 4. С. 465-478.
- [17] Захарова И.В., Кузенков О.А. Опыт реализаций требований образовательных и профессиональных стандартов в области ИКТ в российском образовании // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12, № 3, Часть 1. С. 17-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27411971> (дата обращения: 15.02.18).
- [18] Гергель В.П., Гузина Е.В., Кузенков О.А. Разработка образовательного стандарта Нижегородского государственного университета по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии» // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2010. Т. 1, № 6. С. 51-60. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24172758> (дата обращения: 15.02.18).
- [19] Гергель В.П., Кузенков О.А. Разработка самостоятельно устанавливаемых образовательных стандартов Нижегородского государственного университета в области информационно-коммуникационных технологий // Школа будущего. 2012. № 4. С. 100-105.
- [20] Alpers B. Das SEFI Maths Working Group „Curriculum Framework Document“ und seine Realisierung in einem Mathematik-Curriculum für einen praxisorientierten Maschinenbaustudiengang. In: Hoppenbrock A., Biehler R., Hochmuth R., Rück HG. (eds) Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik. Springer Spektrum, Wiesbaden, 2016. Pp. 645-659. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6_40)
- [21] Sosnovsky S., Dietrich M., Andres E., Gogvadze G., Winterstein S., Libbrecht P., Siekmann J., Melis E. Math-Bridge: Bridging the gaps in European remedial mathematics with technology-enhanced learning. 201. Pp. 437-451. DOI: 10.13140/2.1.1142.3367.
- [22] Bedny A., Erushkina L., Kuzenkov O. Modernising educational programmes in ICT based on the Tuning methodology // Tuning Journal for Higher Education. 2014. Vol. 1, no. 2. Pp. 387-404. DOI: [http://dx.doi.org/10.18543/tjhe-1\(2\)-2014pp387-404](http://dx.doi.org/10.18543/tjhe-1(2)-2014pp387-404)
- [23] Modernization of math-related courses in engineering education in Russia based on best practices in European and Russian universities / I. Soldatenko [et al.] // Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 - Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016). 12-15 September 2016, Tampere, Finland. 16 p. URL: <http://sefibenvvh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/soldatenko-modernization-of-math-related-courses-in-engineering-education-in-russia-based-133.pdf> (дата обращения: 15.02.18).
- [24] Using SEFI framework for modernization of requirements system for mathematical education in Russia/ I. Zakharova [et al.] // Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 - Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016). 12-15 September 2016, Tampere, Finland. 15 p. URL: <http://sefibenvvh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/zakharova-using-sefi-framework-for-modernization-of-requirements-system-for-mathematical-education-155.pdf> (дата обращения: 15.02.18).
- [25] Delamare F., Winterton J. What is competence? // Human Resource Development International. 2005. Vol. 8, issue 1. Pp. 27-46. DOI: <https://doi.org/10.1080/1367886042000338227>
- [26] Gonzales H., Wangenaar R. Universities contribution to Bologna Process. An introduction. 2nd Edition. Bilbao: University of Deusto, 2008. 160 p.
- [27] Baartman L.K.J., Bastiaens T.J., Kirschner P.A., Cees P.M. van der Vleuten. Teachers' opinions on quality criteria for Competency Assessment Programs // Teaching and Teacher Education. 2007. Vol. 23, issue 6. Pp. 857-867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.04.043>

Поступила 25.01.2018; принята к публикации 15.02.2018; опубликована онлайн 30.03.2018.

## REFERENCES

- [1] Basalin P.D. Organization of an intellectual learning environment using new information technologies. *Vestnik of the Volga State Academy of Water Transport. Interuniversity series "Modeling and optimization of complex systems"*. 2002. pp. 21-25. (In Russian)
- [2] Basalin P.D., Bezruk K.V., Radaeva M.V. Models and methods of intellectual support of decision-making processes. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2011. 129 p. (In Russian)
- [3] Basalin P.D., Bezruk K.V. Hybrid intellectual decision making support system architecture. *Journal Neurocomputers*. 2012; 8:26-35. (In Russian)
- [4] Basalin P.D., Belousova I.I. Interactive learning forms in the educational process. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. Series: Innovations in Education*. 2014; 3-4:18-21. (In Russian)
- [5] Basalin P.D., Timofeev A.E. Interactive forms of teaching computer sciences // Teaching mathematics and computer science in higher education: materials of the International. scientific-method. Conf. (May 16-17, 2017) / Ed. E.K. Henner. Perm: Perm. State. Nat. Issled. Univ., 2017. p. 4-8. (In Russian)
- [6] Basalin P.D., Kumagina E.A., Neumark E.A., Timofeev A.E., Fomina I.A., Chernyshova N.N. IT-education using intelligent learning environments. *Modern information technologies and IT-education*. 2017; 13(4):105-111. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.2017.4.384>
- [7] Basalin P.D., Timofeev A.E. Hybrid intelligent decision support system shell. *Management systems and information technologies*. 2018; 71(1):24-28. (In Russian)
- [8] Basalin P.D., Timofeev A.E. The shell of a hybrid intellectual learning environment of the production type. *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):396-405. (In Russian)
- [9] Sosnovskij S.A., Girenko A.F., Galeev I.H. Informatization of the mathematical component of engineering, technical and natural-science education within the framework of the MetaMath project. *Educational Technology & Society*. 2014; 17(4):446-457. (In Russian)
- [10] Kuzenkov O.A., Ryabova E.A., Biryukov R.S., Kuzenkova G.V. Modernization of programs of mathematical disciplines of the



- Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod in the framework of the Meta-Math project. *Education in Nizhny Novgorod*. 2016; 1:4-10. (In Russian)
- [11] Petrova I.Ju., Zaripova V.M., Ishkina E.G., Malikov A.V., Varfolomeev V.A., Zaharova I.V., Kuzenkov O.A., Kurmyshev N.V., Milickaja S.K. Key milestones for the development and implementation of educational programs in the subject area "Information and Communication Technologies". Bil'bao: University of Deusto, 2013. 87 p. (In Russian)
  - [12] Bednyi B.I., Kuzenkov O.A. Integrated programmes for master's degree and PhD students. *Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education*. 2017; 21(4):637-650. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.089.021.201704.637-650>
  - [13] Grezina A.V., Panasenko A.G. A course in physics at the Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics of the UNN on the basis of the e-learning system. *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):487-493. (In Russian)
  - [14] Kuzenkov O.A., Tikhomirov V.V. Using the methodology of "TUNING" in the development of a national ICT competency framework. *Modern information technologies and IT-education*. 2013; 9:77-87. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23020512> (accessed 15.02.18). (In Russian)
  - [15] Kiseleva N.V. Computer complex on the qualitative theory of differential equations to support independent work. *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):423-434. (In Russian)
  - [16] Kuzenkov O.A., Kuzenkova G.V., Biryukov R.S. Development of a fund of evaluation tools using the Mathbridge package. *Educational Technology & Society*. 2016; 19(4):465-478. (In Russian)
  - [17] Zakharova I., Kuzenkov O. Experience in implementing the requirements of the educational and professional standards in the field of ICT in Russian education. *Modern information technologies and IT-education*. 2016; 12(30)-1:17-31. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27411971> (accessed 15.02.18). (In Russian)
  - [18] Gergel V.P., Gugina E.V., Kuzenkov O.A. Development of the educational standard of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod in the field of "Fundamental Informatics and Information Technologies". *Modern information technologies and IT-education*. 2010; 1(6):51-60. Available at: URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24172758> (accessed 15.02.18). (In Russian)
  - [19] Gergel V.P., Kuzenkov O.A. Development of independently established educational standards of Nizhny the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod in the field of information and communication technologies. *The School of the Future*. 2012; 4:100-105. (In Russian)
  - [20] Alpers B. Das SEFI Maths Working Group „Curriculum Framework Document“ und seine Realisierung in einem Mathematik-Curriculum für einen praxisorientierten Maschinenbaustudiengang. In: Hoppenbrock A., Biehler R., Hochmuth R., Rück HG. (eds) *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studiengangsphase. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik*. Springer Spektrum, Wiesbaden, 2016. Pp. 645–659. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6_40)
  - [21] Sosnovsky S., Dietrich M., Andres E., Gogvadze G., Winterstein S., Libbrecht P., Siekmann J., Melis E. Math-Bridge: Bridging the gaps in European remedial mathematics with technology-enhanced learning. 201. Pp. 437-451. DOI: 10.13140/2.1.1142.3367.
  - [22] Bedny A., Erushkina L., Kuzenkov O. Modernising educational programmes in ICT based on the Tuning methodology. *Tuning Journal for Higher Education*. 2014; 1(2):387-404. DOI: [http://dx.doi.org/10.18543/tjhe-1\(2\)-2014pp387-404](http://dx.doi.org/10.18543/tjhe-1(2)-2014pp387-404)
  - [23] Soldatenko I., Kuzenkov O., Zakharova I., Balandin D., Biryukov R., Kuzenkova G., Yazenin A., Novikova S. Modernization of math-related courses in engineering education in Russia based on best practices in European and Russian universities. *Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 - Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016)*. 12-15 September 2016, Tampere, Finland. 16 p. Available at: <http://sefibenvwh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/soldatenko-modernization-of-math-related-courses-in-engineering-education-in-russia-based-133.pdf> (accessed 15.02.18).
  - [24] Zakharova I., Kuzenkov O., Soldatenko I., Yazenin A., Novikova S., Medvedeva S., Chukhnov A. Using SEFI framework for modernization of requirements system for mathematical education in Russia. *Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 - Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016)*. 12-15 September 2016, Tampere, Finland. 15 p. Available at: <http://sefibenvwh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/zakharova-using-sefi-framework-for-modernization-of-requirements-system-for-mathematical-education-155.pdf> (accessed 15.02.18).
  - [25] Delamare F., Winterton J. What is competence? *Human Resource Development International*. 2005; 8(1):27-46. DOI: <https://doi.org/10.1080/1367886042000338227>
  - [26] Gonzales H., Wangenaar R. Universities contribution to Bologna Process. An introduction. 2nd Edition. Bilbao: University of Deusto, 2008. 160 p.
  - [27] Baartman L.K.J., Bastiaens T.J., Kirschner P.A., Cees P.M. van der Vleuten. Teachers' opinions on quality criteria for Competency Assessment Programs. *Teaching and Teacher Education*. 2007; 23(6):857-867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.04.043>

Submitted 25.01.2018; Revised 15.02.2018; Published 30.03.2018.

## About the authors:

**Pavel D. Basalin**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Av., Nizhny Novgorod 603950, Russia); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4703-6687>, [basalin84@mail.ru](mailto:basalin84@mail.ru)

**Elena A. Kumagina**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Av., Nizhny Novgorod 603950, Russia); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5199-8814>, [kumagina@inbox.ru](mailto:kumagina@inbox.ru)

**Neumark A. Elena**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information



Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (23 Gagarin Av., Nizhny Novgorod 603950, Russia); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3597-4158>, [e.neumark@mail.ru](mailto:e.neumark@mail.ru)

**Aleksei E. Timofeev**, Postgraduate, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (23 Gagarin Av., Nizhny Novgorod 603950, Russia); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5734-2253>, [alexey.timofeev@itmm.unn.ru](mailto:alexey.timofeev@itmm.unn.ru)

**Irina A. Fomina**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (23 Gagarin Av., Nizhny Novgorod 603950, Russia); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0935-0982>, [fomis54@mail.ru](mailto:fomis54@mail.ru)

**Natal'ja N. Chernyshova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (23 Gagarin Av., Nizhny Novgorod 603950, Russia); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3537-7532>, [nnch2003@mail.ru](mailto:nnch2003@mail.ru)



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (CC BY 4.0).