

УДК 004.89

DOI 10.25559/SITITO.2017.4.384

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

Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, г. Н. Новгород, Россия

## **ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **Аннотация**

*Предлагается системный подход к решению проблемы структурирования и представления содержания, методологии и дидактики преподавания ИТ-дисциплин в формате продукционно-фреймовой модели знаний интеллектуальной обучающей среды, реализующей интерактивные формы обучения. В качестве основы, определяющей состав и взаимосвязь ИТ-дисциплин, дающих синергетический вклад в формирование профессиональных компетенций, предлагается обобщенное многоуровневое представление архитектуры вычислительной системы. Данное представление включает десять уровней детализации системы, с позиций которых она может рассматриваться конечными пользователями, прикладными программистами, системными программистами или специалистами по ее аппаратной части, включая теоретиков от естественных и точных наук, использующих законы и явления окружающего мира для создания новых базовых принципов организации вычислений. С последними можно связать появление нейрокомпьютеров, эксперименты по созданию квантовых и молекулярных компьютеров.*

### **Ключевые слова**

*Интерактивное обучение; интеллектуальная система; продукционно-фреймвая модель; вычислительная система (ВС); многоуровневое представление.*

**Basalin P.D., Kumagina E.A., Neumark E.A., Timofeev A. E., Fomina I.A., Chernyshova N.N.**

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, N. Novgorod, Russia

## **IT-EDUCATION USING INTELLIGENT LEARNING ENVIRONMENTS**

### **Abstract**

*A new systematic approach for structuring of content, methodology and didactics for IT courses is proposed. A mixture of frame-based and production systems is used to represent the knowledge and organize the interactive learning. A general multilevel representation of the computer architecture is considered as a base, which defines structure and interconnection between subjects. The representation consists of ten specification levels of the computer. By means of these levels computer architecture can be studied by end users, applied software programmers, system software programmers or hardware specialists, including natural science theoreticians, which use natural laws, phenomena and effects to create and research new ways of computing. Last one can be mentioned in relation to neurocomputers invention and putting them into practice, experiments with creation of quantum- and biocomputers.*

### **Keywords**

*Interactive learning; intelligent system; production system; frame-based system; computational system; multilevel representation.*

### **Введение**

На современном этапе развития общества на передний план выходят проблемы эффективного информационного обеспечения процессов управления и принятия решений в различных сферах человеческой деятельности

(технической, экономической, социальной, экологической, образовательной и других). Используемые информационные технологии во многом определяют степень информатизации общества, а также уровень интеллектуальности базирующихся на них информационных систем.

Особую роль информационные технологии играют в сфере образования, ибо обучение – это интеллектуальный (не формальный) процесс, конкретный сценарий развития которого (рабочий сценарий) априори не известен. Он рождается непосредственно в процессе обучения, зависит от интеллектуальных способностей обучаемого, уровня его предварительной подготовки, заложенной в нем психологической основы, условий обучения и предполагает всю многогранность действий над информацией: получение, хранение, преобразование, передачу и использование.

### Интеллектуальная обучающая среда

Традиционные системы обучения, базирующиеся на интернет-технологиях, отличаясь глобальной открытостью, вместе с тем остаются недостаточно интеллектуальными. Обучение по жестким сценариям и выставленной преподавателем on-line информации о текущих заданиях, самонавигация обучаемого по гипертекстовым электронным курсам не дают того эффекта, которого следует ожидать от истинно индивидуального подхода к обучению.

Как решение данной проблемы в работе [1] была предложена концепция *интеллектуальной обучающей среды*, основанной на моделях и методах искусственного интеллекта и обеспечивающей рациональную организацию процесса индивидуального обучения с максимальной адаптацией к уровню подготовки и способностям обучаемого. В работе [2] интеллектуальная обучающая среда была рассмотрена как средство компьютерной поддержки интерактивных форм обучения. При этом был предложен конкретный подход к ее реализации, связанный с построением *оболочки гибридной интеллектуальной системы*, интегрирующей в себе две составляющие:

- одна базируется на концепции системы, основанной на знаниях (СОЗ) фреймово-продукционного типа [3];
- другая использует нейросетевые технологии прогнозирования (планирования) сценария обучения [4].

Первая составляющая исходит из традиционных для СОЗ понятий модели представления знаний, базы знаний, механизма интерпретации знаний и предполагает настройку на конкретную предметную область через формализм базы знаний. База знаний включает в себя содержательную часть предмета изучения, а также его методическую и дидактическую составляющие, ориентированные на различные уровни

предварительной подготовки и восприятия обучаемых. В качестве модели представления знаний использована комбинация двух традиционных форм: иерархических структур фреймов и продукционных правил. Универсальный механизм интерпретации знаний имеет в своем составе, наряду с интерпретатором типовых сценариев, «интеллектуальное ядро» – концептуальный анализатор, способный генерировать индивидуальный сценарий обучения, используя оперативную информацию о состоянии процесса обучения и долговременные знания из базы знаний.

Процесс обучения представлен в пространстве состояний  $S$ . При этом сценарий обучения интерпретируется как последовательность событий, каждое из которых реализует переход из одного состояния в другое. Под событием понимается вывод на терминал неделимого логически законченного фрагмента изучаемого материала с последующей оценкой уровня его усвоения обучаемым. Конкретное событие может быть связано с введением очередного понятия, формулировкой теоремы, описанием алгоритма и т.д.

Множество всевозможных событий  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  (порождающее сценарии множество) в базе знаний интеллектуальной среды представлено иерархической структурой фреймов. Помимо имени события и связанного с ним фрагмента изучаемого материала, представленного на различных уровнях детализации, слоты каждого фрейма дополнительно несут информацию следующего вида:

- перечень входных параметров события: список имен тех событий, без предварительной инициализации которых невозможно данное событие;
- набор продукционных правил, определяющих следующее событие в зависимости от исхода данного события.

Состояние процесса обучения представляется тремя числовыми массивами одинаковой длины  $M$ ,  $i$ -тые элементы которых соответственно отражают признак инициализации, степень востребованности и уровень усвоения фрагмента материала события  $e_i$ . Степень востребованности определяется как суммарное число ссылок на событие  $e_i$  в консеквентах правил, соответствующих исходам имевших место событий (в начале процесса обучения и сразу после свершения события  $e_i$ ; этот параметр зануляется). Уровень усвоения фрагмента материала, связанного с событием  $e_i$ ,

оценивается по непрерывной шкале в интервале  $[0,7]$  как усредненный результат тестирования и, возможно, субъективной самооценки обучаемого или как среднее значение взвешенных уровней усвоения входных параметров события  $e_i$ .

Таким образом, используя долговременные знания фреймово-продукционной модели и оперативные данные о текущем состоянии процесса обучения, концептуальный анализатор способен самостоятельно генерировать индивидуальный рабочий сценарий обучения.

В отличие от первой составляющей интеллектуальной обучающей среды, реализующей «аналитический» подход к планированию сценария обучения, вторая составляющая базируется на нейросетевых технологиях, используя нейронные сети в качестве «аккумуляторов» знаний о процессе обучения. Обученная нейронная сеть способна определить очередное событие генерируемого сценария, воспринимая всю ситуацию (состояние процесса обучения) сразу целиком.

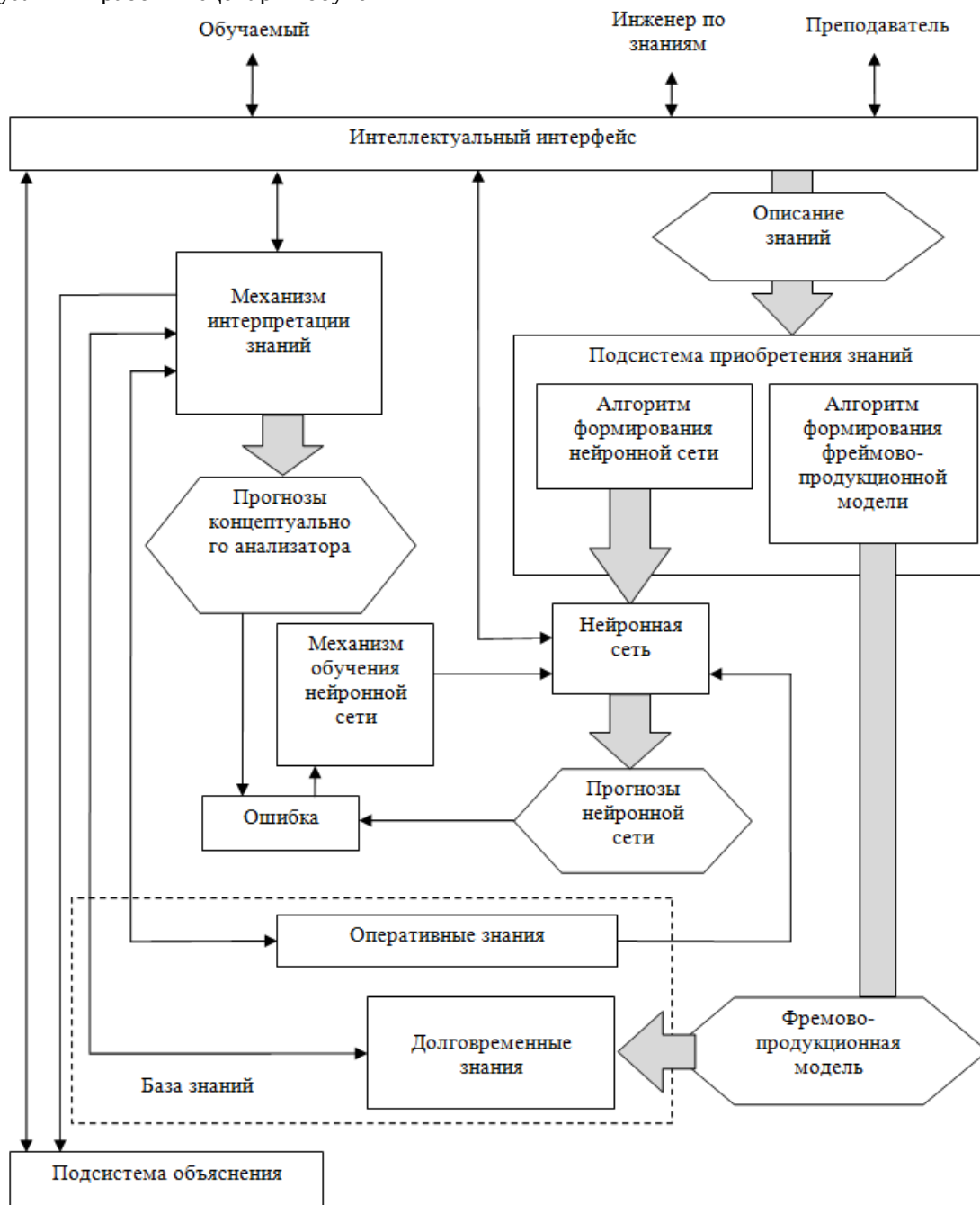


Рис. 1. Схема взаимодействия компонент интеллектуальной обучающей среды

В качестве обучающей выборки (шаблонов) нейронная сеть использует опыт функционирования «аналитической» составляющей интеллектуальной обучающей среды: подбор значений синаптических весов межнейронных связей и, возможно, порогов активационных функций нейронов осуществляется по шаблонам, входные сигналы которых несут информацию о текущем состоянии процесса обучения, а желаемые выходные сигналы – информацию о следующем событии (или состоянии), порожденном аналитической составляющей интеллектуальной среды. Таким образом, «наблюдая» в ходе конкретных сеансов функционирования интеллектуальной среды за сменой состояний процесса обучения, нейронная сеть способна научиться управлять им, не прибегая к помощи концептуального анализатора.

Рассмотренные принципы организации интеллектуальной обучающей среды, состав и взаимодействие ее основных компонент компактно представлены схемой, изображенной на *Рис. 1*.

### **Структуризация знаний в формате интеллектуальной обучающей среды**

Роль преподавателя, как эксперта, способного передавать свои знания интеллектуальной обучающей среде, обязывает его быть в курсе существующих технологий обучения и быть готовым (возможно с помощью инженера по знаниям) к перенесению своего опыта, методики преподавания и контроля знаний по конкретным дисциплинам в реальные формы индивидуального обучения. Однако следует заметить, что процесс структуризации знаний в соответствии с предложенной моделью при настройке интеллектуальной обучающей среды на конкретную предметную область оказывается довольно громоздким для эксперта. Поэтому проблема приобретения знаний требует фундаментальной проработки.

Прежде всего, это касается определения состава дисциплин, обеспечивающих формирование предусмотренных учебным планом компетенций. Выполнение этого сложного этапа для дисциплин, дающих синергетический вклад в формирование профессиональных компетенций, связанных с применением и развитием информационно-коммуникационных технологий, должно осуществляться с учетом тесной связи их между собой. При этом за основу может быть принят комплексный системный подход к автоматизации процессов получения, хранения,

обработки, передачи и использования информации. Это неизбежно приводит к более широкой трактовке базовых понятий. Так под *вычислениями* уже подразумеваются *любые процедуры оперирования с информацией хотя бы в одном из перечисленных выше аспектов*. Распознать (вычислить) возникшую нештатную ситуацию в системе управления технологическим процессом, спланировать (вычислить) очередной шаг процесса проектирования сложного изделия, «вычислить» преступника – вот некоторые из примеров процедур, иллюстрирующих широту понятия вычислений.

В более широкой трактовке следует рассматривать и понятие *вычислительной системы* (ВС). Очевидно, что оно должно охватывать *любые взаимосвязанные аппаратные (технические), лингвистические и системные программные средства, обеспечивающие возможность организации вычислений*.

Данное определение настолько обще, что под него можно подвести и саму природу, рассматривая ее как самоорганизующуюся ВС, управляющую процессами, происходящими в реальном мире. Только при этом следует уточнить, что понимается под информацией, а также аппаратными, лингвистическими и системными программными средствами такой ВС.

Естественные ВС, созданные природой и обеспечивающие гармоничное взаимодействие ее составных частей, зачастую во многом определяют базовые принципы организации искусственных ВС, создаваемых человеком для решения своих информационных проблем.

Эффективность, надежность и гибкость любой искусственной ВС во многом определяются ее *архитектурой*, под которой будем понимать *совокупность базовых принципов и способов организации вычислений, отражающих суть протекающих в системе процессов и механизмов управления ими на различных уровнях детализации*.

Исходя из обобщенного понятия ВС, можно выделить десять уровней представления (детализации) ее архитектуры (*Табл. 1*), с позиций которых система может рассматриваться конечным пользователем, прикладным программистом, системным программистом или специалистами по ее аппаратной части, включая теоретиков от естественных и точных наук, использующих законы, явления и эффекты окружающего мира для создания и исследования новых базовых принципов организации вычислений. С последними можно связать появление и

внедрение в практику нейрокомпьютеров, эксперименты по созданию квантовых и молекулярных компьютеров.

Табл. 1. Уровни детализации общего представления архитектуры ВС

10	Проблемно-ориентированные языки и системы предписывающего и декларативного типа
9	Алгоритмические языки и системы программирования высокого уровня
8	Уровень языка ассемблера
7	Уровень операционной системы
6	Уровень машинных команд
5	Микроархитектурный уровень
4	Системотехнический уровень
3	Уровень цифровой схемотехники
2	Аналоговый уровень
1	Базовый естественно-математический уровень

Первый, базовый естественно-математический, уровень представляет законы, принципы, явления и эффекты реального мира, а также описывающие их математические модели, лежащие в основе создания и функционирования элементной базы аппаратной составляющей ВС.

Физические законы, принципы, явления и эффекты классической электроники позволяют строить электронные аналоги математических моделей, определяющих вычислительный базис системы. Эти аналоги могут составить элементный базис классической аналоговой машины, специализированной на определенный класс задач. Они могут служить основой для реализации искусственной нейронной сети (нейропроцессора) в аналоговом исполнении. При этом отправными для построения модели такого аналога являются биологические законы организации и функционирования человеческого мозга.

С использованием законов классической электроники и свойств полупроводниковых материалов создается элементная база современной цифровой аппаратуры.

Законы квантовой электроники, описываемые математическим аппаратом квантовой механики, служат теоретической основой для построения квантового компьютера.

Аналоговый уровень общего представления архитектуры ВС связан с определением базовых аналоговых элементов, лежащих в основе построения методами аналоговой схемотехники

моделей аналогового вычислительного базиса, а также аналоговых схем логических элементов, реализующих простейшие функции алгебры логики как математической основы цифровой аппаратуры.

В рамках классической полупроводниковой электроники в качестве базовых аналоговых элементов определены диоды, транзисторы, емкости, сопротивления. Проектирование сложных электронных аналогов осуществляется методами аналоговой схемотехники с использованием законов Ома, Кирхгофа и известных моделей базовых аналоговых элементов.

Уровень цифровой схемотехники представляет иерархическую структуру цифровой аппаратуры, задействованной в ВС (цифровые элементы, функциональные узлы, цифровые устройства более сложного назначения).

Системотехнический уровень определяет общую структуру ВС, т.е. состав входящих в нее процессоров (или компьютеров), запоминающих устройств, периферийного оборудования, коммуникационных и системных программных средств.

Микроархитектурный уровень отражает логические и схемотехнические принципы интерпретации машинных команд с использованием технологий упреждающей выборки команд, конвейеризации, распараллеливания, кэширования, динамического предсказания ветвлений, переименования регистров и других приемов, способствующих повышению эффективности вычислительного процесса.

Уровень машинных команд общего представления архитектуры ВС определяет набор команд (инструкций), выполняемых аппаратно или под управлением микропрограммы-интерпретатора операционными устройствами центрального процессора (процессоров). Это уровень архитектуры, связывающий аппаратные средства ВС с ее системным программным обеспечением.

Уровень операционной системы отличается от предыдущего уровня (уровня машинных команд) наличием дополнительных команд (системных вызовов), своей организации памяти, средств обеспечения мультипрограммного режима и других расширений, обеспечивающих взаимодействие пользователя с ВС и управление ее ресурсами в различных режимах функционирования.

Шестой, седьмой и восьмой уровни обычно планируются как инструментальная среда для

создания системного программного обеспечения (трансляторов, оболочек операционных систем и других расширений, поддерживающих языки более высоких уровней). В отличие от них средства девятого и десятого уровней ориентируются на прикладных программистов и конечных пользователей ВС.

Рассмотренное обобщенное многоуровневое представление архитектуры ВС может выступить в качестве основы, определяющей состав и взаимосвязь ИТ-дисциплин (возможно объединенных в модули), дающих синергетический вклад в формирование профессиональных компетенций.

Так с базовым естественно-математическим уровнем могут быть связаны дисциплины, охватывающие теоретические и прикладные аспекты электроники (классической или квантовой), математики, биологии, химии и других наук, лежащие в основе создания и функционирования элементной базы аппаратной составляющей ВС.

Аналоговый уровень может представлять дисциплина, касающаяся основ теории электронных схем.

Уровень цифровой схемотехники должен быть закрыт дисциплинами типа «Теория информации», «Теория алгоритмов», «Теория автоматов», «Цифровая схемотехника».

С системотехническим уровнем могут быть связаны дисциплины типа «Организация ВС», «ВС параллельного действия», «Основы ВС, сетей и телекоммуникаций».

Для представления микроархитектурного уровня приемлемой дисциплиной под условным названием «Технологии интерпретации машинных команд процессора», содержание которой в виде отдельного раздела может быть включено в состав курса «Организация ВС».

С дисциплиной типа «Низкоуровневое программирование» может быть связано рассмотрение уровней машинных команд и языка Ассемблера общего представления архитектуры ВС.

Курс «Операционные системы» может закрыть седьмой уровень представления.

Уровень «Алгоритмические языки и системы программирования высокого уровня» может быть представлен компьютерными дисциплинами «Программирование на С», «Объектно-ориентированное программирование (C++)», «Высокоуровневые методы программирования (C#)», «Программирование в среде .NET Framework»,

«Программирование под Linux», «WEB-технологии, web-приложения» и другие.

Последний, десятый уровень общего представления архитектуры ВС может объединить вокруг себя дисциплины, направленные на изучение системных программных средств, включающих известные инструментальные среды (оболочки) для разработки различных приложений (например, среда CLIPS для разработки экспертных систем), а также дисциплины, представляющие теоретические основы, модели, методы, базовые принципы и технологии проектирования прикладных программных продуктов определенной предметной (проблемной) направленности. Такими дисциплинами могут быть «Проектирование информационных систем», «Интеллектуальные информационные системы», «Шаблоны проектирования», «Информационная безопасность», «Эволюционно-генетические алгоритмы оптимизации» и многие другие.

Трудно, если не невозможно, описать методологию структуризации материала конкретной дисциплины под формат знаний интеллектуальной обучающей среды. Результат структуризации во многом определяется не только содержанием дисциплины, но и уникальным видением процесса ее преподавания со стороны эксперта (преподавателя).

### Заключение

Рассмотренные базовые принципы организации интеллектуальной обучающей среды положены в основу рабочего проекта оболочки гибридной интеллектуальной системы, разрабатываемой на кафедре «Информатики и автоматизации научных исследований» Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского [5, 6]. В качестве тестового примера структуризации изучаемого материала в формате фреймворк-продукционной модели интеллектуальной обучающей среды взята дисциплина «Интеллектуальные информационные системы» из учебного плана подготовки бакалавров по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» (профиль «Прикладная информатика в области принятия решений»).

### Литература

1. Басалин П.Д. Организация интеллектуальной обучающей среды с применением новых информационных технологий //

- Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2002. – С. 21-25.
2. Басалин П.Д., Белоусова И.И. Интерактивные формы обучения в образовательном процессе // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2014. – № 3(4). – С. 18-21
  3. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
  4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1104 с.
  5. Басалин П.Д., Безрук К.В., Радаева М.В. Модели и методы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 129 с.
  6. Белокрылов П.Ю., Басалин П.Д., Банкрутенко В.В. Учебно-методическое пособие по курсам «Интеллектуальные информационные системы» и «Системы искусственного интеллекта и принятия решений». Синтез схем произвольной комбинационной логики в нейросетевом базисе. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 26 с.

## References

1. Basalin P.D. Organizacija intelektual'noj obuchajushhej sredy s primeneniem novyh informacionnyh tehnologij // Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta. – 2002. – pp. 21-25.
2. Basalin P.D., Belousova I.I. Interactive learning forms in the educational process // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. – 2014. – № 3(4). – S. 18-21
3. Chastikov A.P., Gavrilova T.A., Belov D.L. Razrabotka jekspertnyh sistem. Sreda CLIPS. – SPb.: BHV-Peterburg, 2003. -- 608 p.
4. Hajkin S. Nejrornyie seti: polnyj kurs. – 2-e izdanie: Per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 2008. – 1104 s.
5. Basalin P.D., Bezruk K.V., Radaeva M.V. Modeli i metody intelektual'noj podderzhki processov prinjatija reshenij: Uchebnoe posobie. – Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskij gosuniversitet, 2011. – 129 s.
6. Belokrylov P.Ju., Basalin P.D., Bankrutenko V.V. Uchebno-metodicheskoe posobie po kursam «Intellektual'nye informacionnye sistemy» i «Sistemy iskusstvennogo intellekta i prinjatija reshenij». Sintez shem proizvol'noj kombinacionnoj logiki v nejrosetevom bazise. – Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskij gosuniversitet, 2015. – 26 s.

Поступила: 09.09.2017

### Об авторах:

**Басалин Павел Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент, институт Информационных технологий, математики и механики, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, [basalin84@mail.ru](mailto:basalin84@mail.ru)

**Кумагина Елена Александровна**, кандидат технических наук, доцент, институт Информационных технологий, математики и механики, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, [kumagina@inbox.ru](mailto:kumagina@inbox.ru)

**Неймарк Елена Александровна**, кандидат технических наук, доцент, институт Информационных технологий, математики и механики, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, [e.neumark@mail.ru](mailto:e.neumark@mail.ru)

**Тимофеев Алексей Евгеньевич**, аспирант, институт Информационных технологий, математики и механики, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, [alexey.software@gmail.com](mailto:alexey.software@gmail.com)

**Фомина Ирина Александровна**, кандидат технических наук, доцент, институт Информационных технологий, математики и механики, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, [fomis54@mail.ru](mailto:fomis54@mail.ru)

**Чернышова Наталья Николаевна**, кандидат физико-математических наук, доцент, институт Информационных технологий, математики и механики, Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, [nnch2003@mail.ru](mailto:nnch2003@mail.ru)

### Note on the authors:

**Basalin Pavel D.**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, [basalin84@mail.ru](mailto:basalin84@mail.ru)

**Kumagina Elena A.**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, [kumagina@inbox.ru](mailto:kumagina@inbox.ru)

**Neumark Elena A.**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, [e.neumark@mail.ru](mailto:e.neumark@mail.ru)

**Timofeev Aleksei E.**, Postgraduate, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, [alexey.e.timofeev@gmail.com](mailto:alexey.e.timofeev@gmail.com)

**Fomina Irina A.**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, [fomis54@mail.ru](mailto:fomis54@mail.ru)

**Chernyshova Natal'ja N.**, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, [nnch2003@mail.ru](mailto:nnch2003@mail.ru)