

- [11] Sizikov V. S., Stepanov A. V. Method of training examples in solving inverse ill-posed problems of spectroscopy // Sci. Techn. J. ITMO. 2015. Vol. 15. № 6. – P. 1147–1154.
- [12] Petrov Yu. P., Sizikov V. S. Well-Posed, Ill-posed, and Intermediate Problems. – Leiden-Boston: VSP, 2005. – 234 p.
- [13] Леонов А. С., Ягола А. Г. Адаптивные оптимальные алгоритмы решения некорректных задач с истокообразно представимыми решениями // ЖВМиМФ. 2001. Т. 41. № 6. – С. 855–873.
- [14] Бакушинский А. Б., Гончарский А. В. Некорректные задачи. Численные методы и приложения. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 199 с.
- [15] Kojdecki M. A. New criterion of regularization parameter choice in Tikhonov's method // Biuletyn WAT (Biul. Mil. Univ. Technol.). 2000. Vol. 49. № 1(569). – P. 47–126.
- [16] Сизиков В. С. О способах невязки при решении некорректных задач // ЖВМиМФ. 2003. Т. 43. № 9. – С. 1294–1312.
- [17] Sizikov V. S. Further development of the new version of a posteriori choosing regularization parameter in ill-posed problems // Intern. J. Artificial Intelligence. 2015. Vol. 13. № 1. – P. 184–199.

## ВИРТУАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Флегонтов А. В., Фомин В. В., Носкова Т. Н.

Российский государственный педагогический  
университет им. А. И. Герцена

Санкт-Петербург

e-mail: aflegontoff@herzen.spb.ru, V\_V\_Fomin@mail.ru,

Noskovatn@gmail.com

**Flegontov A. V., Fomin V. V., Noskova T. N. Virtual Resource Center for Intelligent Information Technologies.** Develops information technology of the virtual space of the university, including those aimed at solving local problems and integrated organization, monitoring, forecasting of training and educational and research process, combined unified methodology of intelligent human-computer interaction.

Разрабатываются информационные технологии виртуального пространства вуза, в том числе ориентированные на решение интегральных и локальных задач организации, мониторинга, прогнозирования

учебно-образовательного и научно-исследовательского процесса, объединенные единой методологией интеллектуального человеко-машинного взаимодействия.

## 1. Введение.

Большую часть прикладных работ НИР по тематике “Информационные технологии моделирования и управления виртуальным пространством вуза”<sup>1</sup> института компьютерных наук и технологического образования [11, 12], занимает проект и разработка виртуального ресурсного центра.

Значительная часть задач ресурсного центра решается в рамках концепции виртуальной компьютерной лаборатории, в том числе:

- освоение сложного сетевого программного обеспечения, развертывание и настройка программного обеспечения, а также его использования на проблемно-ориентированных практических примерах, позволяющих формировать профессиональные компетенции и развивать конструктивное, аналитическое и системное мышление обучающихся;

- внедрение в практику учебного процесса университета открытых продуктов и информационных технологий для профильных предметов, специальностей и направлений подготовки выпускников;

- выполнение практических заданий в рамках лабораторных и практико-ориентированных занятий студентов, занятий по повышению квалификации;

- предоставление возможности удаленного использования программного обеспечения и другого программного обеспечения, используемого в учебном процессе, для самоподготовки;

- организация научно-исследовательских проектов, с привлечением потенциала коммерческих предприятий в различных секторах экономики, производства, промышленности.

Основные преимущества виртуального ресурсного центра:

- снижение затрат на приобретение и эксплуатацию дорогостоящего оборудования;

- возможность моделирования процессов, постановка и проведение экспериментов которых невозможно в силу естественных натуральных или ресурсных ограничений;

---

<sup>1</sup>Работа ведется при поддержке МинОбрНауки. Гос. задание № 2014/376, годовой этап 2015 г. № 1028, № госрегистрации 114041750020

- применение в полном объёме средств и компьютерного оборудования виртуальной реальности, повышение когнитивных функций: наглядность визуализации, управляемость, масштабируемость во времени и др.;
- экономия времени и ресурсов для ввода, формирования и хранения результатов, использование и подключение к проведению и уточнению экспериментов репозиториев, банков данных, информационных фондов интернета;
- повышение контроля и безопасности, точности и надёжности моделирования, интеграция с мощным аппаратом электронного обучения, в том числе обучающими, поясняющими, советующими технологиями экспертных систем;
- использование потенциала алгоритмов искусственного интеллекта, в том числе семантического поиска, интеллектуального анализа, нейросетевые технологии и т. д.;
- использования виртуальной лаборатории в дистанционном обучении.

В рамках решения прикладных задач виртуального ресурсного центра были исследованы множество методов и моделей интеллектуального анализа данных [6, 7], машинного обучения и распознавания образов [1], их развития и использования на современной платформе WEB-систем и Internet-технологий [2, 5, 13]. На данном этапе НИР приоритет отдаётся практическим программным разработкам, основанным на моделировании искусственных нейронных сетей [3, 8], концепциях экспертных систем (байесовские сети доверия), системах обнаружения закономерностей (методах решающих функций) [1], алгоритмах текстового поиска [9], процедур извлечения и формирования тестов из обучающих текстовых материалов [4] и т. д.

Кратко охарактеризуем достигнутые результаты по вышеперечисленным направлениям разработки.

## **2. Моделирования искусственных нейронных сетей.**

Важнейшим направлением развития интеллектуальных систем является теория искусственных нейронных сетей ИНС. В настоящее время нейронные сети решают задачи классификации, распознавания образов, принятия решений, кластеризации, прогнозирования и сжатия данных.

В практике применения искусственных нейронных сетей возникает ряд научно-технических проблем, в том числе: большое разнообразие различных моделей нейронных сетей и алгоритмов их обучения, высокая требовательность к вычислительным ресурсам, сложная интерпретируемость результа-

тов моделирования и структуры ИНС.

**2.1. Программа моделирования нейронной сети на базе алгоритма обратного распространения ошибки для многослойного персептрона.** На данном этапе развития разработан прототип WEB-инструментария моделирования ИНС в виде автономной Java-программы, реализующей концепцию алгоритма обратного распространения ошибки для многослойного персептрона [8]. Целевая задача – создание эффективного в эксплуатации программного решения для обучения студентов ИНС и как отдельного модуля интеллектуального анализа данных.

**2.2. Моделирование многослойного персептрона для распознавания рукописных символов.** Программный продукт реализует алгоритм моделирования искусственной нейронной сети, для возможности распознавания рукописных символов. Программа предназначена для эксплуатации в виде учебно-лабораторного инструмента по курсу «искусственные нейронные сети», но также может выступать как отдельный компонент и/или инструмент интеллектуального анализа. Платформа DotNET делает возможным использовать программу в виде настольного приложения и в виде WEB-приложения с поддержкой многопользовательского режима.

**2.3. Применения нейронных сетей в современных встраиваемых системах на базе микроконтроллеров.** Проведён анализ возможностей применения нейронных сетей на базе измерительных приборов, снабжённых микроконтроллерами [3]. Исследованы преимущества, ограничения и недостатки применения ИНС на предмет практического внедрения данной технологии в промышленные изделия, и перспективы коммерческой эксплуатации.

### **3. WEB-инструментарий машинного обучения.**

Технологии интеллектуальных информационных систем (ИИС) [2, 7] находятся на пике исследовательской активности, практики их прикладного применения и коммерциализации, и широко вошли в повседневную деятельность разных областей промышленности, экономики, медицины и др.

Сложность проблем эффективного применения, использования, внедрения интеллектуальных технологий определяет сложность подходов к классификации задач искусственного интеллекта и решается в рамках различных направлений исследований, основанных на близких моделях, методах и

алгоритмах. К таким исследованиям относятся: машинное обучение, распознавание образов, машинный перевод, интеллектуальный анализ данных и др.

Разработано web-ориентированное инструментальное средство по распознаванию образов в идее расширяемой библиотеки методов на основе прецедентов [1]. Реализуемая архитектура инструментария позволяет решать задачу повышения эффективности вычислительных ресурсов через процедуры настройки структуры подключаемых методов и алгоритмов обработки данных и реконфигурирования подключаемых технических вычислительных средств Internet-сети. Создаваемая WEB-систем с закладываемыми в неё аппаратно-программными, алгоритмическими и техническими решениями, обладает высокой степенью коммерческой перспективы и потенциально востребована в различных областях человеческой деятельности.

#### **4. Облачная систем принятия решений на основе байесовской сети доверия.**

Облачная система принятия решений на основе байесовской сети доверия (ОСПР) представляет собой клиент-серверное программное решение для создания, обучения и вычисления байесовских сетей. Клиентская часть реализована в виде WEB-приложения, которое включает в себя визуальный редактор вероятностных моделей и команды для оперирования вычислениями. Всю нагрузку, связанную с вычислительными задачами на байесовских сетях, берет на себя серверная часть. При высоких нагрузках сервер масштабирует вычислительные задачи по дочерним узлам. Тип ЭВМ: IBM-совместимая. Язык, СУБД, инструментарий разработки: C#, TypeScript, T-SQL, ASP.NET, MSSQLServer 2012.

Выбор байесовских сетей доверия в качестве оболочки разработки экспертных систем (ЭС) по сравнению с другими направлениями их построения обусловлен рядом причин.

1. Логический вывод в байесовских сетях доверия является алгоритмически апробированным и практически реализуемым с вычислительной точки зрения.

2. Теория, лежащая в основе байесовских сетей и отработанная в течение последних десятилетий, имеет формальное обоснование и развитый математический аппарат.

3. Логика построения байесовских сетей совпадает с естественными человеческими моделями рассуждений (индукция, дедукция), что позволяет психологически проще управлять процессом построения сетей и выполнять субъективное вероятностное оценивание причинно-следственных связей.

4. Обеспечивает эффективное вычисление условных вероятностей.

Система ОСПР разрабатывается как система инструментов, позволяющая построить модель на основе системы поддержки принятия решений в областях, характеризующихся свойствами неопределенности. Она имеет развитый графический интерфейс и позволяет создавать, хранить, редактировать базы знаний и фактов, проводить расчёты (моделирование). В ОСПР закладываются все основные функции информационной системы, включая такие как: импорт, ввод, редактирование и хранение данных, документирование, диагностика ошибок в работе и т. д.

Система ОСПР представляет собой Web-программное обеспечение для создания, развертывания и анализа интеллектуальных решений управления знаниями.

## **5. Клиент-серверная организация работы системы тестирования знаний с функцией автогенерации тестовых заданий.**

В рамках проводимых прикладных и научных исследований НИР, одним из приоритетных направлений работ было определено развитие методов и технологий на основе алгоритмов обработки текстов. В соответствии с выделенным направлением был создан алгоритм автогенерации тестовых заданий из текстовых данных и по нему на языке высокого уровня была разработана Internet-программа тестирования знаний с функцией автогенерации тестовых заданий [4].

В данный момент работа над программой направлена на расширение пользовательских возможностей и на увеличение быстродействия программы, использующей алгоритм автогенерации тестовых заданий посредством расширения локальной программы до крупной информационной системы тестирования знаний. Обозначенная система состоит из следующих компонентов: 1) автоматизированное рабочее место преподавателя; 2) автоматизированное рабочее место обучающегося; 3) база данных; 4) рабочее место администратора системы.

В ходе работы над созданием системы средствами PostgreSQL была раз-

работана база данных, обеспечивающая хранение данных, необходимых для полного функционирования разрабатываемой системы тестирования знаний. База данных включает в себя следующие схемы данных: учебные материалы и тестовые задания; занятия по дисциплинам и преподаватели занятий; учебные группы, учащиеся и их результаты обучения; сетевая конфигурация системы.

Систем позволяет производить полный цикл автоматизированного обучения по произвольным дисциплинам: ознакомление обучающихся с учебными материалами по дисциплинам и контроль усваиваемых знаний. Уникальностью данной системы является внедрение в неё алгоритма автогенерации тестовых заданий с произвольных текстовых учебных материалов, представленных в широком диапазоне форматов документов.

На данный момент алгоритм позволяет генерировать тестовые задания с выбором одного правильного ответа из предложенных вариантов из текстовых материалов с определенной структурой составления, не содержащих формул. В дальнейшем работа будет направлена на увеличение типов генерируемых заданий и на создание алгоритмов по работе с произвольными учебными материалами: с произвольной структурой и с наличием формул и изображений.

## **6. Организация контекстного поиска на основе модифицированного алгоритма Бойер–Мура.**

Поисково-текстовые методы и алгоритмы все больше акцентируют внимание на попытке использования небольшого, минимального арсенала теоретико-лингвистических изысков, и делают акцент на формальных методах статистической обработки упрощенных словоформ. Анализ словоформ предполагает использование алгоритмов поиска общего назначения для выполнения контекстного поиска. Среди алгоритмов контекстного поиска таких как, алгоритм Кнута–Мориса–Пратта, Бойер–Мура, Робина–Карпа, Ахо–Корасик, самым быстрым является алгоритм Бойер–Мура.

Сокращение времени выполнения алгоритма Бойер–Мура можно достигнуть путем организации параллельных вычислений в вычислительной системе или сети, в развитии «облачных вычислений». Для этого была проведена модификация алгоритма [9]. Модификация использует параллельные вычисления, а так же несколько простых функций для устранения недостатков параллельного выполнения алгоритма.

Для реализации алгоритма и проведения эксперимента с целью последующей оценки его эффективности и его параллельного выполнения была создана модель на объектно-ориентированном языке C++. Основные параметры оценки модели: время, затрачиваемое на исполнение алгоритма и количество символов в ключе. Результаты моделирования показали высокую эффективность модификации алгоритма Бойер–Мура при поиске подстроки в больших объемах данных. Модификация алгоритма сокращает время необходимое для поиска подстроки в строке, а при помощи предложенных мероприятий по устранению выявленных недостатков модификации алгоритма Бойер–Мура скорость выполнения алгоритма возрастает.

При моделировании и тестировании данной модификации было выявлено сокращение времени, необходимое для поиска подстроки в строке, среди большого объёма информации. При поиске подстроки в строке среди незначительного объёма информации, эффективность модификации несколько меньше, чем у оригинального алгоритма.

## 7. Обработка неточных темпоральных данных.

Потребность в проведении исследования вызвана отсутствием необходимых методов представления, алгоритмов извлечения, унифицированных процедур обработки и интерпретации нечётких темпоральных данных в современной инструментарии систем управления баз данных на предмет их использования в ситуациях неточно-временной информации [10]. Примерами таких систем являются:

1. Системы планирования. Фиксирование нечеткой временной информации в календаре или в планировщике задач на интервале времени или дат.
2. Фиксирование исторических неточных фактов или данных.
3. Системы прогнозирования
4. Последовательная цепочка выполнения задач системы, где каждый последующий процесс зависит от факта и времени выполнения предыдущего.

Темпоральные модели данных подразумевают временную сущность явлений, хранение динамики их движения и изменения по временной шкале. Важным преимуществом темпоральной модели является возможность хранения состояний данных в БД в любой момент времени как в прошлом, настоящем, так и в будущем. Использование данного подхода позволяет реализовать более гибкую логику обработки данных в предметных областях. Современ-



ные исследования направлены на изучение и построение различных моделей баз данных с опорой на эффективно развитый и используемый аппарат реляционных моделей данных. В общем случае, любой информации присуще изменение ее состояния во времени, не является исключением и нечеткая информация. Объект может переходить из одного нечеткого состояния в другое в один момент времени и возвращаться в прежнее состояние в другой момент, т. е. возможна так называемая «Темпоральная нечеткость». Аналогично темпоральная информация может быть полностью или неточно определена при возникновении событий в системе в различные моменты времени, т. е. возможна «Нечеткая темпоральность».

В проводимых исследованиях инициирован процесс рассмотрения и решения указанных проблем путем построения новой модели нечетко-темпорального домена и соответствующих типов данных для хранения возможно-временной информации, а также построения методов обработки нечетко-темпоральных отношений между временными точками и/или интервалами с реализацией соответствующих процедур и функций.

Разрабатывается библиотека процедур, дополняющая и расширяющая возможности языка SQL для обработки данных на базе реляционных моделей данных. Прорабатывается теории темпоральных моделей данных. В перспективе – разработка отдельного инструментария СУБД для работы с темпоральными базами данных.

## **8. Заключение.**

В рамках проводимой НИР, продолжаются научные исследования и практические разработки по ряду направлений, методов и алгоритмов искусственного интеллекта [11, 12]. Предложены программно-технические решения по прикладному применению в информационных системах и образовательных технологиях в рамках приоритетных направлений науки, в том числе: машинного обучения, экспертных систем, семантического поиска, искусственных нейронных сетей, темпоральных баз данных. Разработаны WEB ресурсы в развитие методологий облачных вычислений, обработки больших объемов данных, распределённых систем. Полученные математические и алгоритмические решения – основа разработки информационного, аналитического, программного обеспечения ресурсных центров. Модели, методы, модули, программы, прототипы ресурсных центров позволяют решать задачи оценки, обоснования и принятия решений в вопросах обучения, управления, мониторинга, про-

гнозирования в таких проблемных областях как учебно-образовательный и научно-исследовательский процессы.

## Список литературы

- [1] Александров И. В., Фомина И. К. Разработка web-инструментария для машинного обучения в области распознавания образов // Актуальные проблемы экономики и управления. 2015. № 4 (8). С. 133–137.
- [2] Лаптев В. В., Флегонтов А. В., Фомин В. В. Организация облачного ресурса интеллектуального анализа данных // Информатизация образования и науки. 2015. № 1 (25). С. 100–115.
- [3] Никольский Б. Б., Фомин В. В. Перспективы использования нейронных сетей во встраиваемых системах на примере спектроскопии // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования. “Герценовские чтения – 2015”. – СПб: Изд. РГПУ им. А. И. Герцена, 2015. – С. 206–209.
- [4] Просенкова Ю. Б., Флегонтов А. В. Клиент-серверная организация работы системы тестирования знаний с функцией автогенерации тестовых заданий и информационная база, обеспечивающая обмен данными между компонентами системы // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования. Материалы научной конференции “Герценовские чтения – 2015”. – СПб.: Изд. РГПУ им. А. И. Герцена, 2015. – С. 216–220.
- [5] Флегонтов А. В., Фомин В. В., Лаптев В. В. WEB-инструментарий интеллектуального анализа данных // Учёные записки ИИО РАО. 2013. № 47. С. 32–47.
- [6] Флегонтов А. В., Фомин В. В. Систем интеллектуальной обработки данных // Известия РГПК им. А. И. Герцена. 2013. № 154. С. 41–48.
- [7] Фомин В. В., Миклуш В. А. Интеллектуальные информационные системы. – СПб.: РГГМУ, 2013. – 150 с.
- [8] Фомин В. В., Смирнов Е. М., Фомина И. К. Компьютерная программа моделирования искусственных нейронных сетей в облачных вычислениях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2013. № 204. С. 181–190.
- [9] Фомина И. К., Осочкин А. А. Организация контекстного поиска на основе модифицированного алгоритма Бойер–Мура // Актуальные проблемы экономики и управления. 2015. № 3 (7). С. 86–90.

- [10] Jose Pons, Christophe Billiet, Olga Pons, Guy De Tre. Aspects of Dealing with Imperfect Data in Temporal Databases // Flexible Approaches in Data, Information and Knowledge Management. – Springer International Publishing, 2014, С. 189–220.
- [11] Лаптев В. В., Носкова Т. Н., Флегонтов А. В. Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве. РГПУ. ФИТ. – СПб, 2014. – 150 с.
- [12] Лаптев В. В., Носкова Т. Н., Флегонтов А. В., Гавронская Ю. Ю., Пиотровская К. Р. Высокотехнологичная информационная образовательная среда – синтез высоких образовательных технологий и Hi-Tech технологий // Региональная информатика – 2014. Материалы XIV Санкт-Петербургской Международной конференции. 2014. – С. 347.
- [13] Костюк А. В., Бобонец С. А., Флегонтов А. В., Черных А. К. Информационные системы и технологии. Информационные технологии. Базовый курс. Часть 1. Учебник. – СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. – 242 с.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Чертовской В. Д.

Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С. О. Макарова  
Санкт-Петербург

**Chertovskoy V. D. Computer Simulation for Adaptive Automated System of Production Management.** The possibility to use computer simulation for three-level adaptive automatized control system as the basis of building a real manufacturing system is considered.

Рассмотрены возможности компьютерного моделирования трехуровневой адаптивной автоматизированной системы управления как основы построения реальной производственной системы.

### Введение.

В работах [1, 2], теоретическая база которых отражена в [3], рассмотрены вопросы алгоритмического построения и локальной реализации нового класса адаптивных систем – многоуровневых автоматизированных интеллекту-