

Для цитирования: Ветров А.Н. Прикладной диагностический модуль для диагностики параметров когнитивной модели субъекта обучения в адаптивной среде. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (1):70-85. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-1-70-85

For citation: Vetrov A.N. Applied diagnostic module for determining cognitive model parameters of subjects of education in an adaptive environment. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017;44 (1):70-85 (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-1-70-85

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.81.308.8.519.688

DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-1-70-85

ПРИКЛАДНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ СУБЪЕКТА ОБУЧЕНИЯ В АДАПТИВНОЙ СРЕДЕ

Ветров А.Н.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет,
«ЛЭТИ», 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5,
Международный банковский институт,
191023, г. Санкт-Петербург, Невский пр., д. 60,
e-mail: vetrovan@nwgsu.ru

Резюме: *Цель.* Повышение эффективности функционирования информационно-образовательной среды системы автоматизированного обучения за счет реализации индивидуально ориентированного формирования знаний обучаемого с использованием адаптивной генерации разнородных образовательных воздействий на основе инновационного блока параметрических когнитивных моделей и комплекса программ для обеспечения автоматизации задач исследования. **Метод.** Системный анализ и моделирование информационно-образовательной среды. В процессе автоматизации диагностики индивидуальных особенностей личности субъекта обучения каждый метод исследования обуславливает ввод: локализации метода исследования, наименования блока вопросов (субтеста), текстологических содержаний пояснения, формулировки вопроса и вариантов ответа на вопрос, номинального значения интервала времени отображения формулировки вопроса, а также графических сопровождений определенного вопроса и вариантов ответа на вопрос.

Результат. Прикладной диагностический модуль выступает компонентом системы автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе инновационного блока параметрических когнитивных моделей. Обучающая система реализует генерацию упорядоченной последовательности информационно-образовательных воздействий, которые отражают содержание предмета изучения. **Вывод.** Прикладной диагностический модуль предназначен для автоматизации исследования физиологических, психологических и лингвистических параметров когнитивной модели субъекта обучения с целью системного анализа информационно-образовательной среды и реализации адаптивной генерации образовательных воздействий посредством использования средств автоматизации обучения, которые позволяют учитывать индивидуальные особенности обучаемых.

Ключевые слова: когнитивная модель, прикладной диагностический модуль, технология когнитивного моделирования (для системного, финансового и сложного анализа)

TECHICAL SCIENCE
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

**APPLIED DIAGNOSTIC MODULE FOR DETERMINING COGNITIVE MODEL
PARAMETERS OF SUBJECTS OF EDUCATION IN AN ADAPTIVE ENVIRONMENT**

Anatoly N. Vetrov

*Saint-Petersburg state electrotechnical university "LETI",
5 Professor Popov Str., 5197376 Saint-Petersburg., Russia
The International banking institute,
60 Nevsky Ave., Saint-Petersburg 191023, Russia
e-mail: vetrovan@nwgsm.ru*

Abstract. Objectives To increase the functional efficiency of information and educational environments created by automated training systems by realising individually oriented formation of knowledge using adaptive generation of heterogeneous educational influences based on an innovative block of parametric cognitive models and a set of programs to support the automation of research tasks. **Method** System analysis and modeling of the information and educational environment. In the process of automating the diagnosis of the individual personality characteristics of the subject of education, each method of investigation determines the input: localisation of research method, name of block of questions (subtest), textual explanatory content, formulation of question and answer variants, nominal value of the time interval for displaying the formulation of the question, as well as the graphical accompaniment of a specific question and answers thereto. **Results** The applied diagnostic module acts as a component of the automated learning system with adaptation properties on the basis of the innovative block of parametric cognitive models. The training system implements the generation of an ordered sequence of informational and educational influences that reflect the content of the subject of a study. **Conclusion** The applied diagnostic module is designed to automate the study of physiological, psychological and linguistic parameters of the cognitive model of the subject of education to provide a systematic analysis of the information and educational environment and the realisation of adaptive generation of educational influences by using training automation approaches that allow the individual characteristics of trainees to be taken into account.

Keywords: cognitive model, applied diagnostic module, cognitive modeling technology (for system, financial and complex analysis)

Введение. Высокие темпы научно технического прогресса и уровень внедрения инноваций в области информационных технологий инициирует решение частных проблем информатизации разнородных информационно-образовательных сред (ИОС) различных современных образовательных центров и учреждений (организаций) [1, 4].

Системный анализ и повышение эффективности функционирования компонентов ИОС выступает сложной научно-технической проблемой, поскольку сейчас активно используются новые технологии поддержки технологического процесса индивидуально-ориентированного и адаптивного формирования знаний обучаемых в автоматизированных образовательных средах на основе средств обучения на расстоянии, что инициирует необходимость учета прикладных научных основ [10-22] когнитивной информатики (Р. Солсо), частной физиологии анализаторов (В.М. Кроль, Ч.А. Измайлов), когнитивной психологии (В.Н. Дружинин) и прикладной лингвистики (М.Л. Гик) для дальнейшего научного обоснования выявленных зависимостей, закономерностей и связей [2].

Постановка задачи. Для системного анализа и исследования ИОС автором предлагается разработанная структура системы автоматизированного обучения (САО) со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей (КМ) [3, 5-7], технология когнитивного

моделирования (ТКМ) [5, 8], а также инновационный блок параметрических КМ [2, 3, 5, 8, 9] как информационная основа для постановки и проведения (сложного) системного анализа.

Методы исследования. Формальное описание структуры системы автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей. В общем виде структура предложенной автором САО со свойствами адаптации на основе параметрических КМ (КМ субъекта обучения и КМ средства обучения) формализуется посредством использования аппарата классической теории управления.

Представленная непосредственно на схеме САО со свойствами адаптации на основе блока параметрических КМ нового поколения функционирует как основной неотъемлемый компонент классической или автоматизированной ИОС, которая при этом структурно декомпозируется на несколько разнородных элементов (рис. 1):

- обучающая система – реализует адаптивную генерацию последовательности индивидуально-ориентированных образовательных воздействий контингенту обучаемых: информационных фрагментов, вопросов тестов и заданий методик исследования;
- обучаемый – изучает содержание разнородных информационных фрагментов и отвечает на вопросы (последовательность определенных вопрос-ответных структур).

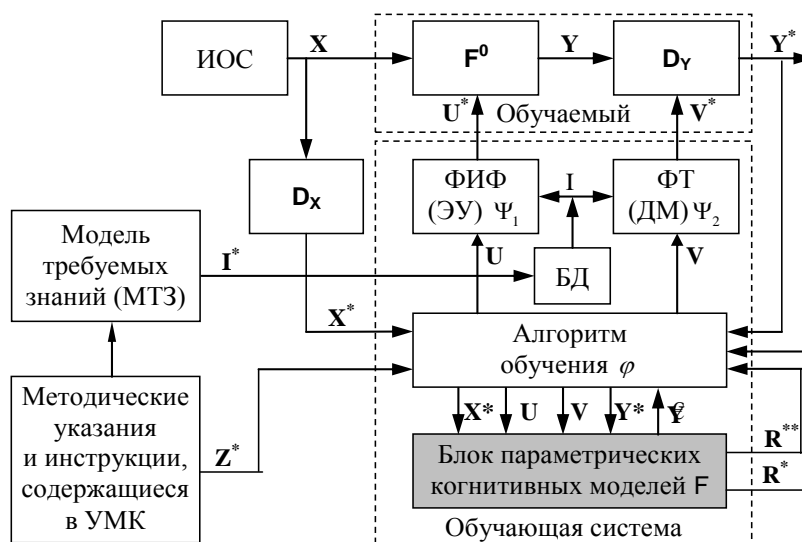


Рис.1. Структурная схема системы обучения автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей

Fig.1. Structural scheme of the system of teaching automated learning with adaptation properties based on cognitive models

Обучающая система реализует генерацию упорядоченной последовательности информационно-образовательных воздействий, которые отражают содержание предмета изучения, при этом уровень прочих воздействий ИОС полагается пренебрежимо малым для целей определенности.

Обучаемый характеризуется определенным модифицируемым набором индивидуальных физиологических, психологических, лингвистических и прочих особенностей личности субъекта обучения (ИОЛСО), которые содержатся непосредственно в основе КМ субъекта обучения.

В предложенной структурной схеме САО с блоком КМ используется ряд обозначений:

- полиномиальная модель обучаемого (F^0) – включает набор различных параметров и значений весовых коэффициентов, которые характеризуют состояние обучаемого Y в среде;

- датчик D_x – обеспечивает непосредственное измерение уровня воздействия ИОС X как X^* ;
- датчик D_y – измеряет оценку результативности формирования знаний обучаемого как Y^* ;
- методические указания – содержат инструкции по использованию УМК со структурированным набором информационных фрагментов (U_i) отражающих содержание раздела, модуля, параграфа, страницы, каждый из которых содержит блоки контрольных вопросов (V_i);
- база данных (БД) – содержит структурированную информацию (I), выраженную в данных по отношению к предметной области для последующего отображения конечному обучаемому;
- модель требуемых знаний (МТЗ) I^* – отражает требования институциональных органов регламентирующих политику в области образования и потребителей, задачи и цели обучения (Z^*), структурированный материал по определенному или нескольким предметам изучения;
- алгоритм обучения (Φ) – формирует последовательность возвращаемых значений содержащих ссылки на обучающие воздействия в БД и параметры их отображения (U) посредством использования разработанного автором процессора адаптивной репрезентации информационных фрагментов [5, 6, 7], а также последовательность возвращаемых значений ссылок на блоки контрольных вопросов (V) соответствующих разным элементам предмета изучения;
- формирователь информационных фрагментов (ФИФ) Ψ_1 – реализует индивидуально-ориентированную генерацию последовательности обучающих воздействий (U^*) с учетом ссылки на информационный фрагмент (U_i) и параметры блока параметрических КМ (R^* , R^{**});
- формирователь тестовых заданий (ФТ) Ψ_2 – реализует генерацию последовательности заданий из базы данных с методами исследования и отображение последовательности вопрос-ответных структур тестовых заданий (V^*) с учетом ссылок на информационные фрагменты ($\langle U_i, V_i \rangle$);
- блок параметрических КМ (F) – содержит совокупность значений репертуаров параметров КМ субъекта обучения (R^*) и КМ средства обучения (R^{**}), которые характеризуют соответственно ИОЛСО и потенциальные технические возможности средства обучения при генерации последовательности информационных фрагментов средством обучения.

Особенности структуры прикладного диагностического модуля для автоматизации исследования индивидуальных особенностей контингента обучаемых.

Прикладной диагностический модуль (ДМ) предназначен непосредственно для реализации автоматизации исследования индивидуальных особенностей личности обучаемых, выполнен по инновационному и революционному блочно-модульному принципу, при этом его компоненты находятся на различных уровнях предложенной архитектуры реализуют ряд функций и набор задач в период исполнения его программной реализации (рис. 2).

Инновационная архитектура прикладного ДМ включает три основных уровня иерархии:

- уровень интерфейса взаимодействия с пользователем (интерфейсы взаимодействия);
- уровень вычислительных процедур (вычислительное ядро: процессоры, процедуры и алгоритмы);
- уровень хранения данных (информационное хранилище: основные и резервные базы данных).

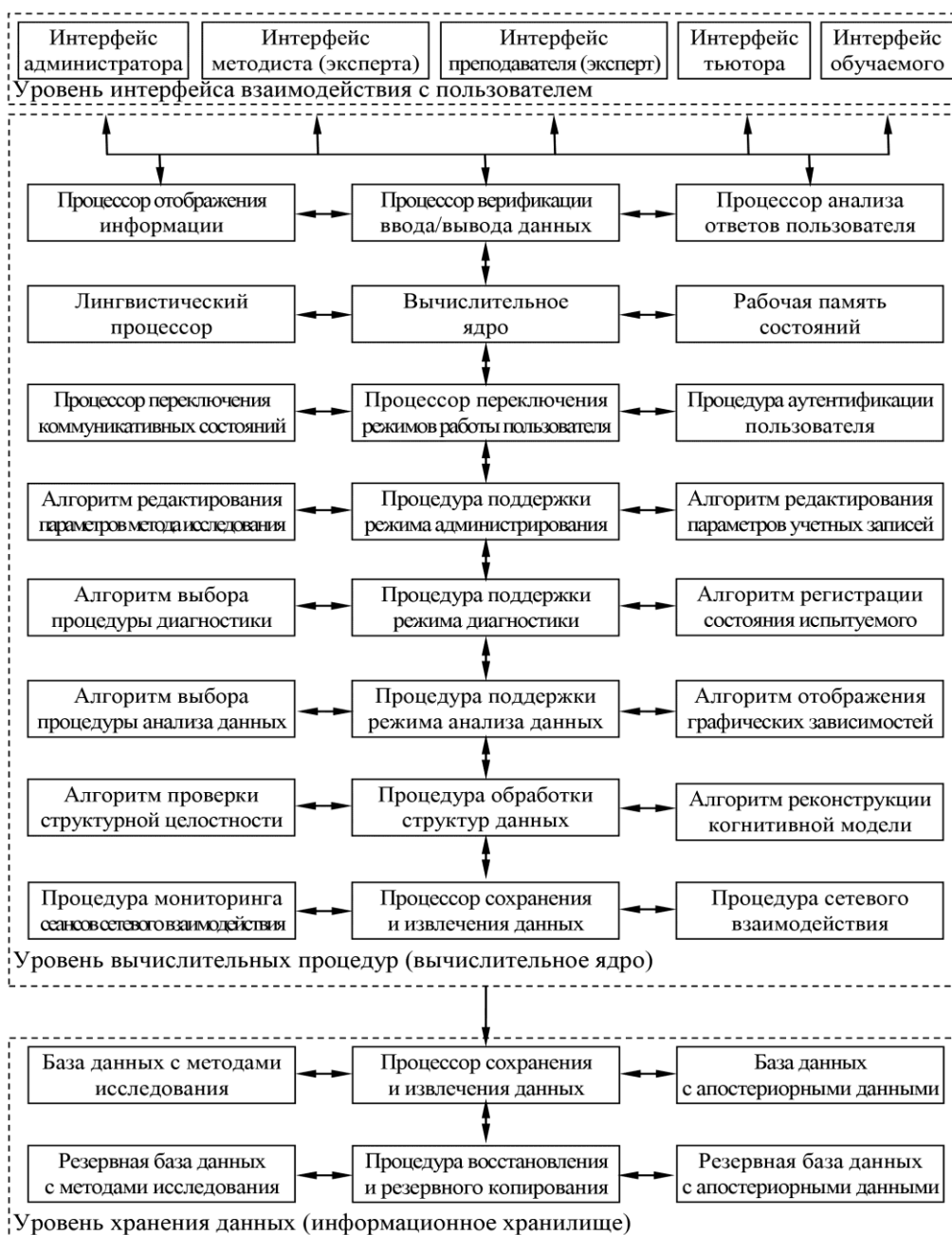


Рис. 2. Общая архитектура прикладного диагностического модуля
Fig. 2. The general architecture of the application diagnostic module

Обсуждение результатов. Архитектура прикладного ДМ включает несколько специальных процедур и алгоритмов:

- процессор отображения информации – обеспечивает непосредственное отображение заранее предустановленных параметров вопрос-ответных структур тестовых заданий для реализации контрольного тестирования (в электронном учебнике используется разработанный процессор адаптивной репрезентации последовательности информационных фрагментов [6, 7]);
- процедура обработки и отображения параметров вопроса – позволяет реализовать отображение последовательности вопрос-ответных структур метода исследования по заранее предустановленным параметрам алгоритма тестирования в режиме администрирования;
- процедура активизации подсистемы объяснений – отображает разные комментарии;

- процедура расчета статуса испытуемого – обеспечивает расчет множества номинальных значений набора показателей характеризующих физиологические, психологические, лингвистические и прочие индивидуальные особенности личности контингента испытуемых, которые выступают различными параметрами КМ субъекта обучения [3];
- процессор верификации ввода/вывода данных – реализует управление потоком ввода и вывода структурированных данных между вычислительными процедурами и информационными полями, которые расположены непосредственно на разных формах интерфейса прикладного ДМ;
- вычислительное ядро – реализует централизованное управление входными и выходными потоками информации, обеспечивает обработку структур данных в режиме администрирования, диагностики и анализа апостериорных данных, поддерживает сетевое взаимодействие;
- процессор анализа ответов пользователя – реализует верификацию предустановленных вариантов ответа эксперта с выбранными или введенными вариантами ответа испытуемого в разных информационных полях формы интерфейса программы в режиме диагностики;
- процедура обработки и отображения параметров вопроса – в режиме диагностики реализует отображение заданной последовательности контрольных вопросов с учетом заранее предустановленных параметров алгоритма тестирования в режиме администрирования;
- процедура обработки и отображения параметров вариантов ответа на вопрос – в режиме диагностики реализует непосредственное отображение перечня вариантов ответа на каждый вопрос теста с учетом заранее заданных параметров в режиме администрирования;
- процедура обработки событий инициированных пользователем на панели навигации – реализует обработку нажатий на кнопки управления при работе пользователя в режиме администрирования параметров заданного метода исследования и в режиме диагностики;
- рабочая память состояний – реализует промежуточное хранение значений параметров, которые не используются вычислительным процессором в пределах рабочего цикла;
- лингвистический процессор – обеспечивает переключение языка при отображении идентификаторов различных элементов расположенных на интерфейсных формах прикладного ДМ и реализует выбор определенной локализации используемого метода исследования;
- процедура выбора локализации метода исследования и интерфейса приложения – предоставляет возможность выбора языка для отображения параметров метода исследования и идентификаторов различных элементов интерфейса прикладного ДМ;
- процедура формирования текстологического содержания комментариев – реализует переключение и отображение всех пояснительных надписей на определенном языке;
- процедура формирования текстологического содержания вопроса и вариантов ответа;
- процедура формирования идентификаторов различных элементов интерфейса;
- процессор переключения коммуникативных состояний – поддерживает конструирование структуры коммуникативного акта состоящего из последовательности коммуникативных шагов между пользователем и интерфейсом прикладного ДМ в разных режимах работы;
- процессор переключения режимов работы пользователя – реализует выбор определенного режима работы одного из пользователей и первичную инициализацию его параметров;
- процедура аутентификации пользователя – реализует авторизацию и разграничение прав доступа пользователей к разным режимам функционирования прикладного ДМ;
- процедура поддержки режима администрирования – обеспечивает непосредственное выполнение всех функций определенного пользователя в режиме администрирования;

- процедура поддержки режима диагностики – обеспечивает тестирование ИОЛСО;
- процедура поддержки анализа данных – просмотр и обработка апостериорных данных;
- процессор сохранения и извлечения данных – реализует загрузку и выгрузку данных;
- процессор архивирования и резервного копирования – резервирование данных прикладного ДМ.

Набор специальных процедур диагностики индивидуальных особенностей контингента обучаемых на основе созданной технологии когнитивного моделирования. Прикладной ДМ содержит специальные процедуры для реализации диагностики (рис. 3): разнородные наборы процедур для автоматизации исследования разных параметров физиологического, психологического и лингвистического портретов КМ субъекта обучения.

Набор процедур для исследования параметров физиологического портрета	Набор процедур для исследования параметров психологического портрета	Набор процедур для исследования параметров лингвистического портрета
Процедуры исследования зрительной сенсорной системы Алгоритмы выявления аномалий восприятия пространства (м. Сивцева, периметр, стереоскоп)	Процедуры исследования интеллектуальных способностей Алгоритмы диагностики конвергентных способностей (м. Р. Амхауэра)	Процедуры исследования лингвистических способностей Алгоритмы диагностики уровня владения национальным языком изложения (м. Института филологии РАН)
острота зрения	вербальный интеллект	владение нац. языком
поле зрения	классификация	
бинокулярное зрение	ассоциативность	
Алгоритмы выявления аномалий цветового зрения (м. Е. Рабкина, Т. Юстовой)	матем. способности	Алгоритмы диагностики уровня владения иностранным языком изложения (м. Колчестерского образовательного центра)
ахромазия	комбинаторика	владение языком
протанопия	обобщение понятий	
дейтеранопия	мнемоника и память	Алгоритмы диагностики уровня владения словарем терминов и ключевых определений (м. вспомогательный тест по определенной дисциплине)
тританопия	плоскостное мышление	владение терминами
Алгоритмы выявления аномалий аккомодации (таблицы с символами)	Алгоритмы диагностики дивергентных способностей (м. С. Медника, П. Торренса)	
астигматизм	вербальная оригинальность	Алгоритмы диагностики уровня владения элементами интерфейса программного средства в системе обучения (м. вспомогательный тест по определенной программе)
миопия	вербальная ассоциативность	владение интерфейсом
гиперметропия	вербальная уникальность	
Процедуры исследования слуховой сенсорной системы	вербальная селективность	Алгоритмы диагностики уровня владения терминами в области информационных и коммуникационных технологий (м. вспомогательный тест по теории информации)
Алгоритмы выявления абсолютной акустической чувствительности (генератор и синтезатор звуков)	образная оригинальность	владение терминами ИТ
верхний порог	образная ассоциативность	
нижний порог	образная уникальность	
Алгоритмы выявления абсолютной акустической чувствительности (синтезатор звуков)	образная селективность	
верхний интервал	Алгоритмы диагностики типа обучаемости	
средний интервал	имплицитная	
нижний интервал	эксплицитная	
	Алгоритмы диагностики когнитивных стилей	
	полезависимость/полнезав.	
	импульсивность/ревлексивность	
	ригидность/гибкость	
	конкретизация/абстрагирование	
	когнитивная простота/сложность	
	категориальная узость/широта	

см. структуру когнитивной модели субъекта обучения [3, 6, 8]

Рис.3. Процедуры исследования в основе прикладного диагностического модуля
 Fig.3. Procedures of research in the basis of applied diagnostic module

Предварительная, организационная, технологическая, техническая, методическая, научно-исследовательская подготовка и реализация диагностики параметров. Процедура диагностики индивидуальных особенностей контингента обучаемых посредством использования прикладного ДМ выступает сложным научно-техническим процессом, который включает совокупность различных итераций и требует непосредственного обеспечения подготовки учеными, экспертами, методистами, инженерами и программистами: предварительной, организационной, технологической, технической, методической, операциональной, научно-исследовательской и прочих видов обеспечения подготовки технологического цикла (рис. 4).



Рис.4. Классификация подготовительных мероприятий перед исследованием индивидуальных особенностей контингента обучаемых
Fig.4. Classification of preparatory measures before the study individual characteristics of the trainee contingent

Каждый вид обеспечения подготовки технологического цикла автоматизированного исследования включает несколько различных этапов системного анализа как научно-исследовательского процесса.

Ввод структурированных данных, относящихся к определенной методике исследования, и данных учетных записей пользователей в базу данных прикладного ДМ осуществляется в режиме администрирования (на предварительном этапе исследования), а собственно автоматизированное исследование различных ИОЛСО в форме тестирования осуществляется непосредственно при работе испытуемого в режиме диагностики.

В процессе автоматизации диагностики ИОЛСО каждый метод исследования обуславливает ввод: локализации метода исследования, наименования блока вопросов (субтеста), текстологических содержаний пояснения, формулировки вопроса и вариантов ответа на вопрос, номинального значения интервала времени отображения формулировки вопроса, а также графических сопровождений определенного вопроса и вариантов ответа на вопрос.

На рис. 5 представлен интерфейс прикладного ДМ в режиме администрирования параметров метода исследования конвергентных интеллектуальных способностей КМ субъекта обучения.

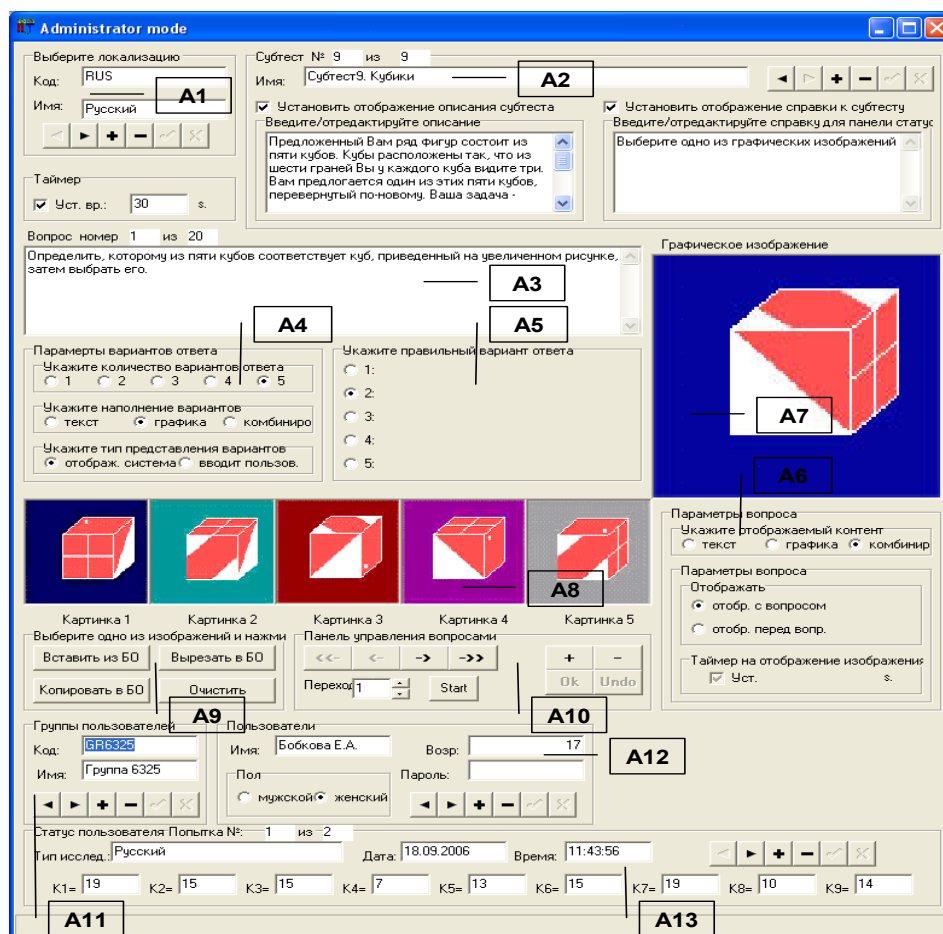


Рис.5. Интерфейс прикладного диагностического модуля в режиме администрирования методики исследования конвергентных интеллектуальных способностей Р. Амтхауэра

Fig.5. The interface of the application diagnostic module in the mode of administration of the method of research of convergent intellectual abilities R. Amthauer

На представленном интерфейсе прикладного ДМ в режиме администрирования методики исследования конвергентных интеллектуальных способностей Р. Амтхауэра используется непосредственно ряд обозначений субтестов (блоков вопросов) и параметров: K_1 – «Логический отбор» (вербальный интеллект), K_2 – «Поиск общих признаков» (обобщение), K_3 – «Поиск вербальных аналогий» (аналитичность мышления), K_4 – «Классификация понятий»

(классификация), K₅ – «Арифметические задачи» (арифметический счет), K₆ – «Числовые ряды» (комбинаторика), K₇ – «Мнемоника и память» (мнемоника и память), K₈ – «Плоские фигуры» (плоскостное мышление), K₉ – «Кубы» (объемное воображение).

Для администрирования базы данных с параметрами метода исследования и учетных записей пользователей применяют ряд элементов интерфейса: поле редактирования перечня локализаций метода исследования (A1), поле редактирования перечня наименований блоков вопросов (субтестов), селектор признака отображения и поле текстологического содержания формулировки пояснения выводимого перед каждым субтестом в отдельном всплывающем окне в ходе диагностики, селектор признака отображения и поле текстологического содержания формулировки пояснения выводимого в строке статуса интерфейсного окна в режиме диагностики (A2), поле редактирования текстологического содержания формулировки вопроса (A3), панель управления с селекторами количества, типа контента и способа выбора вариантов ответа на вопрос в режиме диагностики (A4), признак корректности и перечень текстологических содержаний вариантов ответа на вопрос (A5), панель управления с селекторами типа контента вопроса, способа отображения вопроса, номинального значения интервала времени отображения формулировки вопроса (A6), панель редактирования графического сопровождения вопроса (A7), панель редактирования графического содержания вариантов ответа на вопрос (A8), панель управления графическими изображениями вариантов ответа (A9), панель управления переключением на первый, предыдущий, следующий и последний вопрос с возможностью добавления, удаления, сохранения и отмены внесенных изменений в информационные поля (A10), панель редактирования кода (кодификатора) и наименования группы (A11), панель редактирования параметров учетных записей пользователей (A12), панель отображения апостериорных данных тестирования испытуемых (субъектов обучения) с возможностью переключения между попытками тестирования на основе метода исследования (A13).

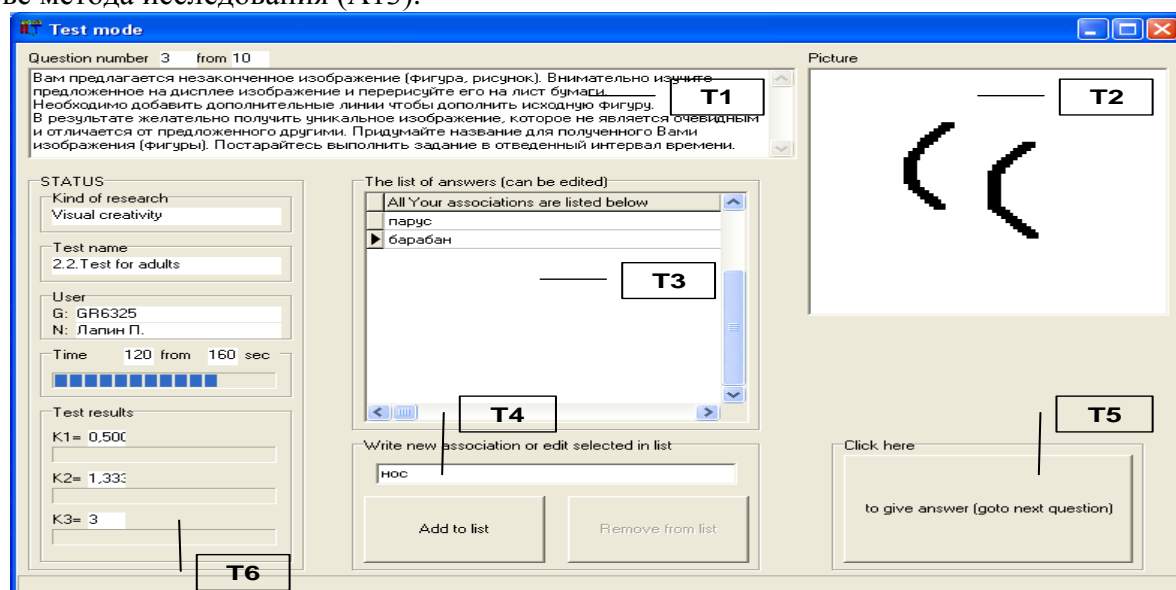


Рис. 6. Интерфейс прикладного диагностического модуля в режиме диагностики дивергентных интеллектуальных способностей (методы Е.П. Торренса, С.А. Медника)
Fig. 6. The interface of the application diagnostic module in diagnostic mode divergent intellectual abilities (the methods of EP Torrens, SA Mednik)

Интерфейс прикладного ДМ в режиме диагностики образной креативности (рис. 6) содержит: поле индикации номера по порядку, общего количества и текста формулировки вопроса (T1), поле индикации графического изображения со стимулом (T2), поле индикации списка вариантов ответа, введенных пользователем (T3), поле индикации выделенного или вводимого пользователем варианта ответа на вопрос с возможностью добавления и удаления

(Т4), кнопка подтверждения списка ответов испытуемого инициирующая переход к следующему вопросу (Т5), статус испытуемого (Т6).

На рис. 7 представлена интерфейсная форма программной реализации прикладного ДМ в режиме администрирования параметров метода исследования образной креативности: панель редактирования текстологического содержания формулировки вопроса (АА1), панель редактирования графического изображения сопровождающего вопрос (АА2), панель установки параметров отображения вопроса (АА3), панель ввода перечня вариантов ответа (АА4), панель редактирования статуса учета варианта ответа в расчетах, наименования и индекса оригинальности определенного варианта ответа (АА5), панель управления графическим изображением (вопроса и вариантов ответа) (АА6), панель редактирования периода времени отображения вопроса (АА7), панель управления мультимедиа сопровождением вопроса (АА8), панель редактирования перечня кодов и наименований групп пользователей (АА9), панель просмотра и редактирования параметров учетных записей пользователей (АА10), панель просмотра и редактирования апостериорных данных автоматизированной диагностики с возможностью переключения между разными попытками прохождения метода исследования (АА11).

База данных в основе разработанного прикладного ДМ обеспечивает хранение параметров используемых методов исследования, всех параметров учетных записей пользователей и полученных в результате прохождения автоматизированной диагностики апостериорных данных испытуемых.

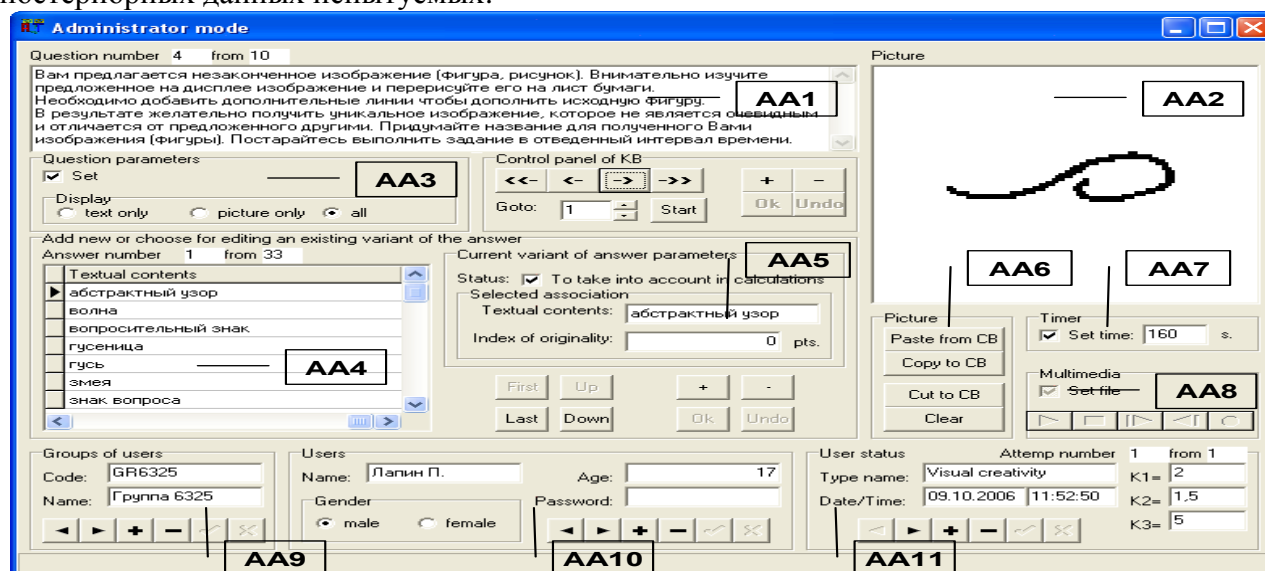


Рис.7.Интерфейс прикладного диагностического модуля в режиме диагностики дивергентных интеллектуальных способностей

Fig.7.Interface of the application diagnostic module in the diagnostic mode of divergent intellectual abilities

Текущие и результирующие апостериорные данные автоматически сохраняются в базе данных, при этом имеется возможность просмотра учетных записей апостериорных данных пользователей:

- в группе элементов интерфейса «Группы пользователей» (АА9) вначале выбираются кодификатор и наименование группы пользователей (испытуемых) посредством навигатора;
- в группе элементов интерфейса «Пользователи» (АА10) затем выбираются Ф.И.О., пол, возраст и пароль пользователя (испытуемого) посредством навигатора;
- в группе элементов интерфейса «Статус пользователей» (АА11) переключаются попытки: наименование метода исследования, дата и время прохождения диагностики

пользователем и номинальные значения коэффициентов метода исследования (теста) посредством навигатора.

Выводы и статистические закономерности на основе апостериорных данных

1. Практическое использование полученных научных и практических результатов осуществлялось автором в учебном процессе «Международного банковского института» с 2004 г. и «Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» с 2003 г., в ходе исследований были получены акты о практическом использовании и три авторских свидетельства.

2. Оценка эффективности адаптивной САО на основе КМ производилась с использованием общепринятых показателей эффективности (результативности) процесса автоматизированного формирования знаний контингента обучаемых:

$$K = \{k_1; k_2; k_3\} = \left\{ Y_2 - Y_1; \frac{Y_2}{Y_1}; \frac{Y_2 - Y_1}{Y_1} 100\% \right\},$$

где коэффициенты k_1 , k_2 , k_3 соответственно, обозначают абсолютный, сравнительный и относительный показатели эффективности (результативности) формирования знаний [3, 5, 6, 8]. Результаты статистической обработки апостериорных данных обобщены и сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты первичного статистического анализа результативности обучения
Table 1. Results of primary statistical analysis of learning outcomes

Показатель	Номер группы обучаемых							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Показатели результативности обучения за 2004 г.								
Объем выборки	20	21	25	18	18	15	0	0
Средний балл Y_1	4,05	4,286	4,24	4,611	4,056	4,4	-	-
СКО ср. балла	0,686	0,845	0,779	0,502	0,802	0,507	-	-
Показатели результативности обучения за 2005 г.								
Объем выборки	24	22	24	25	24	22	23	21
Средний балл Y_2	4,333	4,046	4,375	4,16	4,042	4,091	4,696	4
СКО ср. балла	0,817	0,785	0,824	0,8	0,859	0,811	0,559	0,894
Показатели результативности обучения за 2006 г. (с исп. ТКМ в 3 ^х группах)								
Объем выборки	26	23	29	24	25	22	22	22
Средний балл Y_3	4,5	4,609	4,379	3,708	3,92	3,773	4,455	3,818
СКО ср. балла	0,707	0,656	0,775	0,751	0,572	0,612	0,858	0,853
Итоги первичного статистического анализа								
Показатели, отражающие изменение эффективности обучения за 2004-2005 г.								
k_1	0,283	-0,240	0,135	-0,451	-0,014	-0,309	-	-
k_2	1,07	0,944	1,032	0,902	0,997	0,93	-	-
k_3 , %	6,996	-5,606	3,184	-9,781	-0,345	-7,023	-	-
Изменение СКО	0,131	-0,06	0,045	0,298	0,057	0,304	-	-
Показатели, отражающие изменение эффективности обучения за 2005-2006 г.								
k_1	0,167	0,563	0,004	-0,452	-0,122	-0,318	-0,241	-0,182
k_2	1,039	1,139	1,001	0,891	0,97	0,922	0,949	0,955
k_3 , %	3,854	13,915	0,091	-10,865	-3,018	-7,773	-5,132	-4,55
Изменение СКО	-0,11	-0,129	-0,049	-0,049	-0,287	-0,199	0,299	-0,041

3. В результате регрессионного анализа апостериорных данных полученные значения коэффициента множественной корреляции (КМК=0,558) и коэффициента множественной детерминации (КМД=0,312) свидетельствуют, что 31,2% дисперсии зависимой переменной \hat{Y}_i (оценка УОЗО) определяется вариацией значений коэффициентов (предикторов) K_i находящихся в полученной линейной модели множественной регрессии $\hat{Y}(K_i)$. Были

рассчитаны значения исходных (β) и стандартизованных коэффициентов (β') и получена линейная модель множественной регрессии $\hat{Y}(K_i)$, где константа равна 4,653.

$$Y = 4,653 - 0,006VOZR - 0,002K_7 - 0,156K_8 + 0,121K_9 + 0,064K_{14} - 0,029K_{15} + 0,006K_{16} - \\ - 0,074K_{17} + 0,025K_{18} - 0,009K_{19} - 0,026K_{20} + 0,001K_{21} + 0,035K_{22} + 0,013K_{23} + 0,009K_{24} - \\ - 0,008K_{25} - 0,111K_{27} - 0,008K_{28} + 0,032K_{29} + 0,022K_{45}$$

Фактором (зависимой переменной) выступает результативность обучения Y , а предикторами в полученной линейной модели множественной регрессии являются:

$VOZR$ – возраст, K_7 – протанопия, K_8 – дейтеранопия, K_9 – тританопия, K_{14} – вербальный интеллект, K_{15} – обобщение, K_{16} – аналитичность мышления, K_{17} – классификация, K_{18} – арифметический счет, K_{19} – комбинаторика, K_{20} – мнемоника и память, K_{21} – плоскостное мышление, K_{22} – объемное воображение, K_{23} – вербальная оригинальность, K_{24} – вербальная ассоциативность, K_{25} – вербальная селективность, K_{27} – образная оригинальность, K_{28} – образная ассоциативность, K_{29} – образная селективность, K_{45} – уровень владения языком изложения материала в информационных фрагментах.

4. ТКМ позволяет реализовать дополнительный контур адаптации на основе блока КМ, а также провести комплексный системный анализ ИОС направленный на повышение эффективности функционирования системы АДО и результативности процесса формирования знаний обучаемых.

5. В ходе дискриминантного анализа выделены группы обучаемых в зависимости от показателя результативности обучения (оценка УОЗО): «5» – отличники; «4» – хорошисты; «3» – троечники.

Рис. 8 отражает геометрическую интерпретацию взаимного расположения центроидов классов соответствующих выделенным группам обучаемых (испытуемых) непосредственно в пространстве координат двух канонических дискриминантных функций.

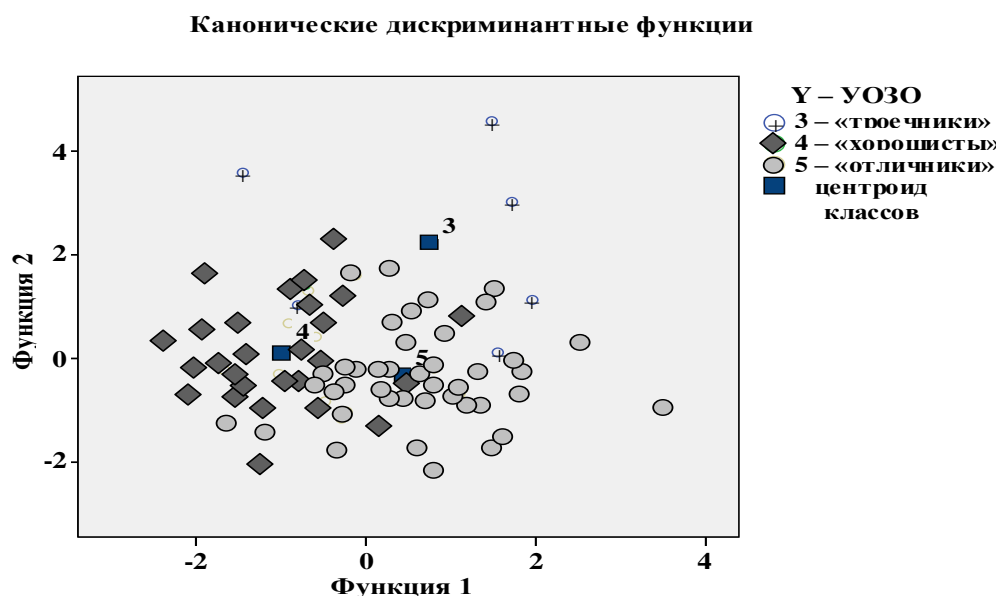


Рис. 8. Центроиды трех классов обучаемых в пространстве двух канонических функций
Fig.8. Centroids of three classes of trainees in the space of two canonical functions

Различительная способность (информативность) дискриминантных функций различна.

Первая каноническая дискриминантная функция различает хорошо центроиды классов хорошистов и отличников (троечников), но плохо центроиды классов отличников и троечников.

Вторая каноническая дискриминантная функция различает хорошо центроиды классов отличников (хорошистов) и троечников, но плохо - центроиды классов отличников и хорошистов.

Библиографический список:

1. Ветров А.Н., Ветров Н.А. Факторы успеха в образовательной деятельности ВУЗа: Тенденции развития информационной среды дистанционного образования; колл. монография под ред. чл.-корр. МАН ВШ И.Н. Захарова. – СПб.: МБИ, 2004. – С.54–65.
2. Ветров А.Н., Котова Е.Е. Факторы успеха в образовательной деятельности ВУЗа: Когнитивная модель для адаптивных систем дистанционного обучения; колл. монография под ред. чл.-корр. МАН ВШ И.Н. Захарова. – СПб.: МБИ, 2004. – С.65–78.
3. Ветров А.Н., Котова Е.Е., Кузьмин Н.Н. Информационная среда автоматизированного обучения на основе когнитивных моделей // Известия МАН ВШ, №3(37), 2006. – С.100–112.
4. Ветров А.Н. Особенности развития теории информации и информационных технологий на пороге XXI века: Монография. – М.: Деп. в РАО, 2007. – 141 с.
5. Ветров А.Н. Среда автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей: Монография. – М.: Деп. в РАО, 2007. – 256 с.
6. Ветров А.Н. Реализация адаптивного обучения в автоматизированной образовательной среде на основе когнитивных моделей // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ", №1, 2007. – С.10–16.
7. Ветров А.Н. Электронный учебник на основе процессора адаптивной репрезентации информационных фрагментов в автоматизированной образовательной среде // ВКИТ, №11, 2008. – С.38–50.
8. Ветров А.Н. Технология когнитивного моделирования в автоматизированной образовательной среде // Вестник РУДН, №4, 2008. – С.26–42.
9. Ветров А.Н. Программный комплекс для задач исследования адаптивной среды автоматизированного обучения на основе когнитивных моделей // Автоматизация и современные технологии, №10, 2010. – СПб.: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2009, М.: Машиностроение, 2010. – С.20–33.
10. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – М.: Наука, 1983. – 343 с.
11. Гик М.Л. Когнитивные основы переноса знаний. – М.: ИНИОН, 1990. – 67 с.
12. Гельфандбейн Я.А. Методы кибернетической диагностики динамических систем. – Рига: Знание, 1967. – 199 с.
13. Гонтмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1967. – 269 с.
14. Ершов А.П. Концепция использования средств вычислительной техники в сфере образования. – Новосибирск: Препринт ВЦ СО РАН АН СССР, 1990. – 58 с.
15. Измайлов Ч.А. Психофизиология цветового зрения. – М.: Изд-во «МГУ», 1989. – 205 с.
16. Каймин В.А. Технология разработки учебных программных средств. – М.: ИНФО, 1987. – 126 с.
17. Каймин В.А. Методы разработки программ на языках высокого уровня. – М.: МИЭМ, 1985. – 120 с.
18. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. – М.: Наука, 1997. – 109 с.
19. Петров В.В. Прикладная лингвистика и компьютер. – М.: ИНИОН, 1992. – 41 с.
20. Семенов В.В. Компьютерные технологии в дистанционном обучении. – М.: НИИВО, 1997. – 155 с.
21. Спицнадель В.Н. Теория и практика принятия оптимальных решений. – СПб.: ИД «Бизнес-пресса», 2002. – 394 с.
22. Теплицкий Л.А. Англо-русский толковый словарь по вычислительной технике, Интернету и программированию. – 2 –е изд. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2000. – 438 с.

References:

1. Vetrov A.N., Vetrov N.A. Faktory uspekha v obrazovatel'noi deyatel'nosti VUZa: Tendentsii razvitiya informatsionnoi sredy distantsionnogo obrazovaniya. Koll. monografiya pod red. Zakharova I.N. Saint-Petersburg: MBI; 2004. S. 54–65. [Vetrov A.N., Vetrov N.A. Factors of success in the educational activity of the university: Trends in the development of the information environment of distance education. Collective monograph. Zakharov I.N. (Ed). Saint-Petersburg: MBI; 2004. P.54–65. (in Russ.)]
2. Vetrov A.N., Kotova E.E. Faktory uspekha v obrazovatel'noi deyatel'nosti VUZa: Kognitivnaya model' dlya adaptivnykh sistem distantsionnogo obucheniya. Koll. monografiya pod red. Zakharova I.N. Saint-Petersburg: MBI; 2004. S.65–78. [Vetrov A.N., Kotova E.E. Factors of success in the educational activity of the university: Cognitive model for adaptive systems of distance learning. Collective monograph. Zakharov I.N. (Ed). Saint-Petersburg: MBI; 2004. S.65–78. (in Russ.)]
3. Vetrov A.N., Kotova E.E., Kuz'min N.N. Informatsionnaya sreda avtomatizirovannogo obucheniya na osnove kognitivnykh modelei. Izvestiya MAN VSH. 2006; 3(37):100–112. [Vetrov A.N., Kotova E.E., Kuz'min N.N. Information environment of automated learning based on cognitive models. Proceedings of the IHEAS. 2006; 3(37):100–112. (in Russ.)]
4. Vetrov A.N. Osobennosti razvitiya teorii informatsii i informatsionnykh tekhnologii na poroge XXI veka: Monografiya. Moscow: Dep. v RAO; 2007. 141 s. [Vetrov A.N. Development features of information theory and information technologies on the threshold of the XXI century: Monograph. Moscow: Dep. in RAO; 2007. 141 p. (in Russ.)]
5. Vetrov A.N. Sreda avtomatizirovannogo obucheniya so svoistvami adaptatsii na osnove kognitivnykh modelei: Monografiya. Moscow: Dep. v RAO; 2007. 256 s. [Vetrov A.N. Automated learning environment with adaptation properties based on cognitive models: Monograph: Monografiya. Moscow: Dep. v RAO; 2007. 256 p. (in Russ.)]
6. Vetrov A.N. Realizatsiya adaptivnogo obucheniya v avtomatizirovannoi obrazovatel'noi sredena osnove kognitivnykh modelei. Izvestiya SPbGETU "LETI". 2007; 1:10-16. [Vetrov A.N. Implementation of adaptive learning in an automated educational environment based on cognitive models. Izvestiya SPbGETU "LETI". 2007; 1:10-16. (in Russ.)]
7. Vetrov A.N. Elektronnyi uchebnik na osnove protsessora adaptivnoi reprezentatsii informatsionnykh fragmentov v avtomatizirovannoi obrazovatel'noi srede. VKIT. 2008; 11:38-50. [Vetrov A.N. The electronic textbook based of the processor of adaptive representation of information fragments in the automated educational environment. Herald of computer and information technologies. 2008; 11:38-50. (in Russ.)]
8. Vetrov A.N. Tekhnologiya kognitivnogo modelirovaniya v avtomatizirovannoi obrazovatel'noi srede. Vestnik RUDN. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya. 2008; 4:26-42. [Vetrov A.N. The technology of cognitive modeling in an automated educational environment. RUDN Journal of Informatization in Education. 2008; 4:26-42. (in Russ.)]
9. Vetrov A.N. Programmnyi kompleks dlya zadach issledovaniya adaptivnoi sredy avtomatizirovannogo obucheniya na osnove kognitivnykh modelei. Avtomatizatsiya i sovremennye tekhnologii. 2010; 10:20-33. [Vetrov A.N. A program complex for the tasks of studying the adaptive environment of automated learning based on cognitive models. Automation and Modern Technologies. 2010; 10:20-33. (in Russ.)]
10. Viner N. Kibernetika, ili upravlenie i svyaz' v zhitotnom i mashine. Moscow: Nauka; 1983. 343 s. [Wiener N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Moscow: Nauka; 1983. 343 p. (in Russ.)]
11. Gik M.L. Kognitivnye osnovy perenosy znaniy. Moscow: INION; 1990. 67 s. [Gik M.L. Cognitive bases of knowledge transfer. Moscow: INION; 1990. 67 p. (in Russ.)]
12. Gel'fandbeyn Ya. A. Metody kiberneticheskoi diagnostiki dinamicheskikh sistem. Riga: Znaniye; 1967. 199 s. [Gel'fandbeyn Ya. A. Methods of cybernetic diagnostics of dynamic systems. Riga: Znaniye; 1967. 199 p. (in Russ.)]

13. Gontmakher F.R. Teoriya matrits. Moscow: Nauka; 1967. 269 s. [Gontmakher F.R. Matrix Theory. Moscow: Nauka; 1967. 269 p. (in Russ.)]
14. Ershov A.P. Kontseptsiya ispol'zovaniya sredstv vychislitel'noi tekhniki v sfere obrazovaniya. Novosibirsk: Preprint VC SO RAN; 1990. 58 s. [Ershov A.P. The concept of using computer technology in education. Novosibirsk: Preprint VC SO RAN; 1990. 58 p. (in Russ.)]
15. Izmaylov Ch.A. Psikhofiziologiya tsvetovogo zreniya. Moscow: MSU; 1989. 205 s. [Izmaylov Ch.A. Psychophysiology of color vision. Moscow: MSU; 1989. 205 p. (in Russ.)]
16. Kaimin V.A. Tekhnologiya razrabotki uchebnykh programmnykh sredstv. Moscow: INFO; 1987. 126 s. [Kaimin V.A. Technology of development of educational software. Moscow: INFO; 1987. 126 p. (in Russ.)]
17. Kaimin V.A. Metody razrabotki programm na yazykakh vysokogo urovnya. Moscow: MIEM; 1985. 120 s. [Kaimin V.A. Methods for developing programs in high-level languages. Moscow: MIEM; 1985. 120 p. (in Russ.)]
18. Osipov G.S. Priobretenie znaniy intellektual'nymi sistemami. Moscow: Nauka; 1997. 109 s. [Osipov G.S. Acquisition of knowledge by intelligent systems. Moscow: Nauka; 1997. 109 p. (in Russ.)]
19. Petrov V.V. Prikladnaya lingvistika i komp'yuter. Moscow: INION; 1992. 41 s. [Petrov V.V. Applied linguistics and computer. Moscow: INION; 1992. 41 p. (in Russ.)]
20. Semenov V.V. Komp'yuternye tekhnologii v distantsionnom obuchenii. Moscow: NIIVO; 1997. 155 s. [Semenov V.V. Computer technologies in distance learning. Moscow: NIIVO; 1997. 155 p. (in Russ.)]
21. Spitsnadel' V.N. Teoriya i praktika prinyatiya optimal'nykh reshenii. Saint-Petersburg: ID «Biznes-pressa»; 2002. 394 s. [Spitsnadel' V.N. Theory and practice of making optimal decisions. Saint-Petersburg: ID «Biznes-pressa»; 2002. 394 p. (in Russ.)]
22. Teplitskiy L.A. Anglo-russkii tolkovyi slovar' po vychislitel'noi tekhnike, Internetu i programirovaniyu. 2 izd. Moscow: Russkaya Redaktsiya; 2000. 438 s. [Teplitskiy L.A. English-Russian Dictionary of Computer Science, Internet and Programming. 2nd Edition. Moscow: Russkaya Redaktsiya; 2000. 438 p. (in Russ.)]

Сведения об авторах.

Ветров Анатолий Николаевич – Президент ГМО «Академия когнитивных естественных наук».

Information about the authors.

Anatoly N. Vetrov - President of the GМО «Academy of Cognitive Sciences».

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. The author declare no conflict of interest.

Conflict of interest

Поступила в редакцию 10.01.2017.

Received 10.01.2017.

Принята в печать 10.02.2017.

Accepted for publication 10.02.2017.