

Название рубрики: «Информатика, вычислительная техника и управление».

УДК 004.81+308.8+519.688

**БЛОК ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ
В АДАПТИВНОЙ СРЕДЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ**

А.Н. Ветров

РФ, 195248, г. Санкт-Петербург, пр. Энергетиков, д. 36, кв. 82.

Блок параметрических когнитивных моделей является информационной основой системного анализа, содержит когнитивные модели субъекта и средства обучения, каждая из которых выступает репертуаром параметров, эшелонированным на ряд портретов и стратифицированным на несколько независимых множеств расположенных на двух уровнях выделенной иерархии. Системный анализ информационно-образовательных сред инициирует необходимость учета широкого спектра разных научных фундаментальных и прикладных направлений современной науки, а также обуславливает необходимость использования инновационного аппарата исследования.

Ил. 10. Библиогр. 10 назв.

Ключевые слова: *информационно-образовательная среда; когнитивная модель; система автоматизированного обучения; технология когнитивного моделирования.*

Ветров Анатолий Николаевич, автор единой технологии когнитивного моделирования, тел.: +7(812)950-2706, e-mail: vetrovan@nwgsm.ru.

Введение и постановка проблемы системного анализа информационно-образовательных сред

Процессы информатизации разных предметных областей и глобализация информационной среды потребления разнородной информации оказывают существенное влияние на создание, внедрение и использование информационных ресурсов, продуктов и услуг, а современный уровень развития информационных и коммуникационных технологий позволяют осуществить программную реализацию адаптивных систем и средств обучения нового поколения [1, 5].

Традиционные модели и технологии в основе автоматизированных информационных сред образовательных учреждений теряют свою актуальность (линейная, линейная разветвленная, линейная разветвленная многоуровневая) [1-14] и инициируют появление инновационных: адаптивная – обуславливает создание, внедрение и использование контуров адаптации и параметрических моделей для обеспечения учета различных факторов (параметров); индивидуально-ориентированная – реализует потенциальную возможность учета и исследования физиологических, психологических, лингвистических и прочих особенностей личности обучаемых [2-4].

Возникает существенная необходимость анализа и повышения эффективности информационного взаимодействия между разнородными субъектами и средствами сложного технологического процесса автоматизированного формирования знаний (на расстоянии) [12-14] посредством создания адаптивных средств и сред обучения с использованием аппарата когнитивной информатики (Р. Солсо, М.Л. Гик), частной физиологии сенсорных систем (В.М. Кроль, Ч.А. Измайлов), когнитивной психологии (В.Н. Дружинин, М.А. Холодная), прикладной лингвистики (М.Л. Гик).

Структура информационной среды системы автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей

Созданная автором структура системы автоматизированного обучения (САО) со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей (КМ) [3, 4, 6] представляет собой замкнутый контур с двумя уровнями информационного взаимодействия между субъектами и средствами управляемого процесса индивидуально-ориентированного формирования знаний обучаемых, включает несколько основных компонентов, выполняющих разные функции и задачи: адаптивный электронный учебник (ЭУ) [3, 6, 9], основной диагностический модуль (ДМ) [3, 4, 6, 8] и прикладной диагностический модуль [3, 6], а также блок параметрических КМ [2-4, 6, 7, 10].

В общем виде структура предложенной адаптивной САО со свойствами адаптации на основе блока параметрических КМ выступает сложным объектом, формализуется посредством использования аппарата классической теории управления и представлена следующим образом (рис. 1).

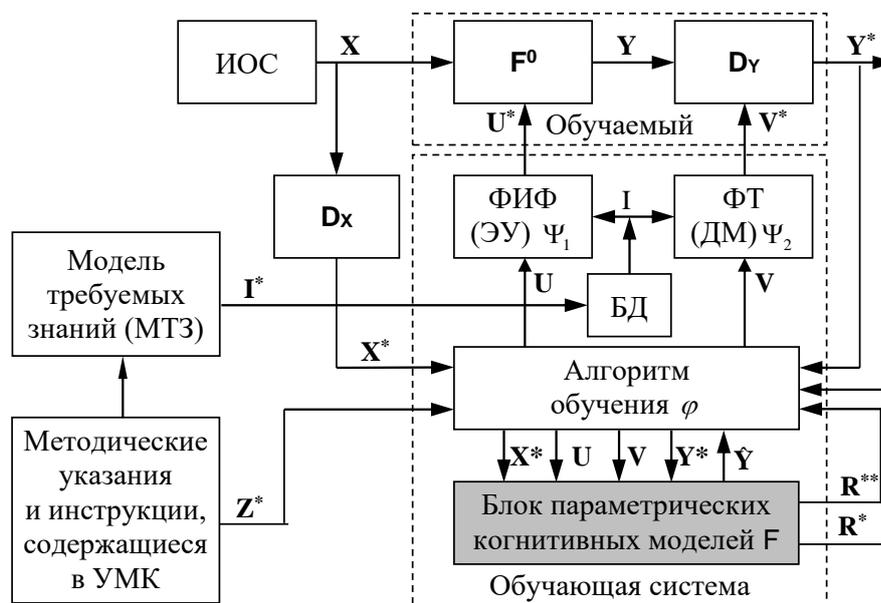


Рис. 1. Структурная схема системы обучения на основе когнитивных моделей

Представленная на схеме САО со свойствами адаптации на основе блока параметрических КМ функционирует одновременно как неотъемлемая часть и как независимый компонент инновационной адаптивной информационно-образовательной среды (ИОС) нового поколения, структурно декомпозируется на несколько основных элементов: обучающую систему и обучаемого [3, 6].

Обучающая система реализует генерацию последовательности образовательных воздействий, а уровень воздействий ИОС полагается пренебрежимо малым для целей определенности.

Средство обучения (ЭУ) генерирует последовательность информационных фрагментов, а обучаемый непосредственно изучает их содержание, что обеспечивает формирование знаний.

Обучаемый характеризуется определенным набором различных индивидуальных особенностей его личности (ИОЛСО): физиологические, психологические и лингвистические параметры.

В предложенной структурной схеме используется ряд обозначений по отношению к структурным компонентам САО со свойствами адаптации на основе блока параметрических КМ:

- полиномиальная модель (F_0) – включает параметры и значения весовых коэффициентов, которые характеризуют индивидуальные особенности определенного обучаемого;
- датчик D_x – обеспечивает измерение уровня воздействий ИОС, которые пренебрежимо малы по отношению к образовательным воздействиям заданного средства обучения (ЭУ);
- датчик D_y – измеряет оценку результативности формирования знаний обучаемого;
- методические указания – содержат инструкции по использованию УМК со структурированной совокупностью упорядоченных основных и дополнительных информационных фрагментов, которые отражают содержание раздела, модуля, параграфа и страницы, а также предполагают наличие основного и дополнительного блоков контрольных вопросов;
- база данных (БД) – содержит структурированные данные по заданной предметной области для последующей обработки и визуального отображения конечному пользователю;
- модель требуемых знаний (МТЗ) – отражает разные требования, задачи и цели обучения, ограничения в ИОС и структурированный материал по набору предметов изучения;
- алгоритм обучения (φ) – формирует последовательность возвращаемых значений, содержащих ссылки на обучающие воздействия в БД и параметры их отображения (U) посредством процессора адаптивной репрезентации информационных фрагментов в ЭУ, а также последовательность возвращаемых значений ссылок на основной и дополнительный блоки контрольных вопросов (V), связанные с определенными элементами курса в ДМ;
- формирователь последовательности информационных фрагментов (ФИФ) Ψ_1 – реализует индивидуально-ориентированную визуальную репрезентацию последовательности образовательных воздействий (информационных фрагментов) с учетом определенных ссылок на различные информационные фрагменты и параметры блока параметрических КМ;
- формирователь тестовых заданий (ФТ) Ψ_2 – обеспечивает отображение последовательности предустановленных вопрос-ответных структур тестовых заданий с учетом ссылок на разные информационные фрагменты, которые отражают содержание предмета изучения;
- блок параметрических КМ (F) – содержит совокупность значений репертуаров параметров КМ субъекта обучения ($R^* = \overline{P^1}$) и КМ средства обучения ($R^{**} = \overline{P^2}$), которые характеризуют соответственно ИОЛСО и потенциальные технические возможности средства обучения при адаптивной генерации последовательности информационных фрагментов (оптимальное сочетание значений параметров отображения информации реализуется посредством процессора адаптивной репрезентации информационных фрагментов [3, 6, 8, 9]).

Особенности блока параметрических когнитивных моделей

Блок параметрических КМ содержит в своей основе КМ двух типов и выступает информационной основой для реализации системного анализа информационной среды образовательного учреждения, обеспечивает непосредственную поддержку и оценку эффективности функционирования технологического процесса индивидуально-ориентированного формирования знаний контингента обучаемых в CAO со свойствами адаптации на основе параметрических КМ.

Для каждого произвольно выбранного объекта, процесса или явления в определенной среде его функционирования, подбирается набор разработанных методик и алгоритмов, которые включаются в основу ТКМ, а затем формируются параметрические КМ, включающие фиксированный набор портретов, имеющих научное обоснование в рамках заданных предметных областей.

При разработке комплекса методик и алгоритмов для реализации системного анализа определенной предметной области и объекта исследования ключевую роль имеет итеративный цикл и модифицированная обобщенная методика использования ТКМ для заданной предметной области.

Модель представляет собой структурно и функционально обедненную сущность (структуру), которая отражает динамику функционирования объекта исследования в заданной локальности.

Параметрическая КМ отражает ключевые особенности объекта, процесса или явления при его наблюдаемом и регистрируемом (вычислимом) изоморфизме в определенной среде функционирования для последующего анализа, выступает расширяемым в ширину и глубину репертуаром параметров, который эшелонирован на несколько портретов с определенным научным обоснованием и стратифицирован на ряд множеств, расположенных на двух уровнях выделенной иерархии.

В ходе реализации системного анализа рекомендуется подходить дифференциально к исследованию заданного объекта, процесса или явления, выделенного в среде его функционирования, поэтому каждому из них непосредственно вводится в соответствие параметрическая КМ.

Портрету КМ соответствует ключевой аспект анализа и его научное обоснование.

Разработка структуры КМ реализуется посредством использования алгоритма формирования структуры КМ в составе (созданного автором) аппарата технологии когнитивного моделирования (ТКМ) [2, 4, 6, 7, 10] на базе одного из классических (формальная логическая и фреймовая модели, семантическая сеть, кортежи на доменах и онтология) или предложенных новых способов представления КМ (ориентированный граф, сочетающий теорию множеств и многоуровневая структурная схема).

Создание новой и (ре)конструирование существующей структуры параметрической КМ осуществляется на основе одной из классических или инновационных моделей представления структурированных данных посредством последовательного заполнения двух имеющихся уровней представленной иерархии элементами, полученными при анализе заданного объекта.

Способы представления структуры когнитивной модели

Структура параметрической КМ представляется посредством использования ряда способов:

- формальные способы представления – аналитические (формула) и процедурные (алгоритм);
 - логическая модель – основана на использовании элементов исчисления высказываниями и предикатами первого и второго порядка (включая кванторы и сложные операции);
 - простое логическое выражение – логически неделимо и не может быть упрощено посредством использования законов булевой алгебры логики выступающих правилами эквивалентного преобразования сложных логических выражений к простым;
 - сложное логическое выражение – структурно декомпозируется к совокупности простых;
 - продукционная модель – иерархическая структура с множеством продукционных ядер, каждое из которых эквивалентно элементарному правилу, включающему антецедент (условие на основе логики) и консеквент (прямое и альтернативное действия, которые выполняются соответственно в случае истинности или ложности исходного условия);
 - простое продукционное ядро (правило): если (условие), то (действие);
 - расширенное продукционное ядро (правило) имеет более сложную структуру: если (условие), то (прямое действие), иначе (альтернативное действие);
 - граф, сочетающий теорию множеств (предложен автором) [4, 6] – совокупность вершин, которые расположены на двух уровнях выделенной иерархии, соединены дугами и образуют несколько различных независимых множеств (рис. 2, 3, 4);
- неформальные способы представления – графические и декларативные;
 - фреймовая модель – совокупность прото-фреймов и фреймов-экземпляров в виде таблиц (кортежей), содержащих определенные идентификаторы и значения информационных полей;
 - семантическая сеть – включает множество вершин, соответствующих объектам, процессам или явлениям и связей между ними на основе принципов принадлежности, подчинения и включения одного элемента (множества) по отношению к другому;
 - онтология – представление слабо структурируемых и слабо формализуемых предметных областей посредством структурной схемы, сочетающей элементы фреймовой модели и семантической сети с использованием методов объектно-ориентированного подхода;
 - многоуровневая структурная схема (предложена автором) – исключает связи между элементами и представляет собой совокупность информационных элементов, которые расположены на разных уровнях выделенной иерархии по принципу включения.

(Ре)конструирование новой или полученной структуры КМ осуществляется посредством использования алгоритма формирования структуры КМ в основе созданной автором ТКМ [2, 4, 6].

Применяя аппарат исчисления с использованием кортежей на доменах, разрабатываемую структуру параметрической КМ можно представить в следующем формально-аналитическом виде:

- система обозначений позволяет создать иерархическую многоуровневую пирамидальную структуру (КМ_u – КМ; ПР_{u, i} – портрет КМ; НО_{u, i} – научное обоснование портрета; ВС_{u, i, j} – вид свойств; С_{u, i, j, k} – свойство; ВП_{u, i, j, k, l} – вектор параметров; П_{u, i, j, k, l, m} – параметр; u – индекс параметрической КМ; i – индекс портрета КМ; j – индекс вида свойств; k – индекс свойства; l – индекс вектора параметров; m – индекс параметра);
- каждому объекту, процессу или явлению вводится в соответствие КМ (КМ_u), которая включает счетное конечномерное множество портретов (ПР_{u, i}), которые имеют четкое научное обоснование в рамках определенной предметной области и отрасли наук;

$$\begin{cases} KM_1 = \{ \langle PP_{1.1}, HO_{1.1} \rangle, \langle PP_{1.2}, HO_{1.2} \rangle, \dots, \langle PP_{1.i}, HO_{1.i} \rangle \}; \\ KM_2 = \{ \langle PP_{2.1}, HO_{2.1} \rangle, \langle PP_{2.2}, HO_{2.2} \rangle, \dots, \langle PP_{2.i}, HO_{2.i} \rangle \}; \\ KM_u = \{ \langle PP_{u.1}, HO_{u.1} \rangle, \langle PP_{u.2}, HO_{u.2} \rangle, \dots, \langle PP_{u.i}, HO_{u.i} \rangle \}; \end{cases}$$

- каждый портрет КМ (ПР_{u, i}) включает множество видов свойств (ВС_{u, i, j});

$$\begin{cases} PP_{1.1} = \{ BC_{1.1.1}, BC_{1.1.2}, \dots, BC_{1.1.j} \}; \\ PP_{2.2} = \{ BC_{2.2.1}, BC_{2.2.2}, \dots, BC_{2.2.j} \}; \\ PP_{u.i} = \{ BC_{u.i.1}, BC_{u.i.2}, \dots, BC_{u.i.j} \}; \end{cases}$$

- каждый вид свойств (ВС_{u, i, j}) включает множество элементарных свойств (С_{u, i, j, k});

$$\begin{cases} BC_{1.1.1} = \{ C_{1.1.1.1}, C_{1.1.1.2}, \dots, C_{1.1.1.k} \}; \\ BC_{2.2.2} = \{ C_{2.2.2.1}, C_{2.2.2.2}, \dots, C_{2.2.2.k} \}; \\ BC_{u.i.j} = \{ C_{u.i.j.1}, C_{u.i.j.2}, \dots, C_{u.i.j.k} \}; \end{cases}$$

- каждое свойство (С_{u, i, j, k}) включает векторы параметров (ВП_{u, i, j, k, l});

$$\begin{cases} C_{1.1.1.1} = \{ VP_{1.1.1.1.1}, VP_{1.1.1.1.2}, \dots, VP_{1.1.1.1.l} \}; \\ C_{2.2.2.2} = \{ VP_{2.2.2.2.1}, VP_{2.2.2.2.2}, \dots, VP_{2.2.2.2.l} \}; \\ C_{u.i.j.k} = \{ VP_{u.i.j.k.1}, VP_{u.i.j.k.2}, \dots, VP_{u.i.j.k.l} \}; \end{cases}$$

- каждый вектор параметров (ВП_{u, i, j, k, l}) включает несколько элементарных параметров (П_{u, i, j, k, l, m}) на нижнем уровне иерархии представленной КМ;

$$\begin{cases} VP_{1.1.1.1} = \{ P_{1.1.1.1.1}, P_{1.1.1.1.2}, \dots, P_{1.1.1.1.m} \}; \\ VP_{2.2.2.2} = \{ P_{2.2.2.2.1}, P_{2.2.2.2.2}, \dots, P_{2.2.2.2.m} \}; \\ VP_{u.i.j.k.l} = \{ P_{u.i.j.k.l.1}, P_{u.i.j.k.l.2}, \dots, P_{u.i.j.k.l.m} \}. \end{cases}$$

Параметрическая КМ может быть представлена не только аналитически (логическая и продукционная модели), но также в виде структурно-графического представления (граф и многоуровневая схема).

В процессе (ре)конструирования структуры параметрической КМ на основе представленной системы аналитических уравнений можно получить иерархическую структуру (рис. 2).

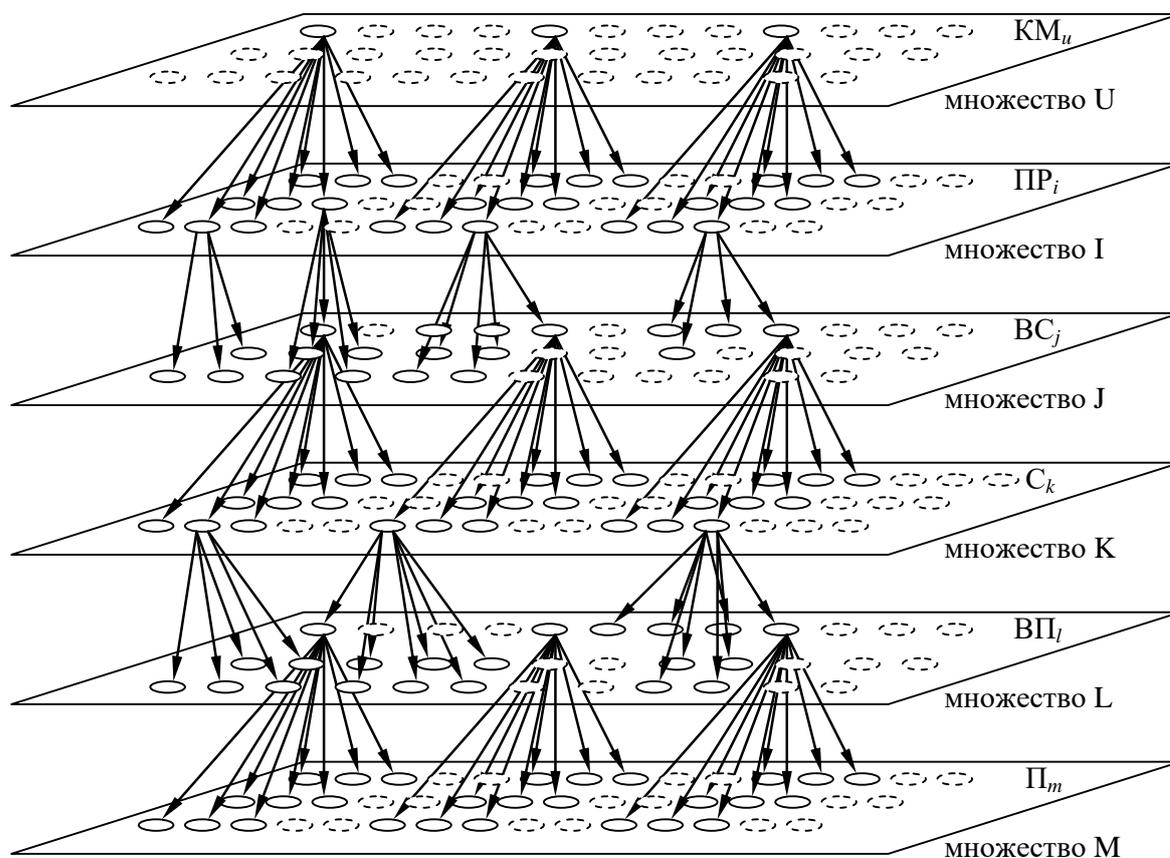


Рис. 2. Иерархическая структура когнитивной модели посредством кортежей на доменах

Получена КМ в виде иерархической структуры, которая представляет собой совокупность взаимно вложенных пирамид с однородными параметрами и включает несколько множеств разной мощности расположенных на различных уровнях выделенной иерархии: множество КМ $U - u'$, множество портретов КМ $I - i'$, множество векторов свойств $J - j'$, множество свойств $K - k'$, множество векторов параметров $L - l'$, множество элементарных параметров $M - m'$.

Интегральная мощность полученной пирамидальной структуры: $p = u' \cdot i' \cdot j' \cdot k' \cdot l' \cdot m'$.

После определения оптимального количества портретов КМ обеспечивается формирование множеств: видов свойств, элементарных свойств, векторов параметров и элементарных параметров.

Каждый элемент структуры параметрической КМ, расположенный на произвольном уровне иерархии обеспечивает возможность включения нескольких производных (подчиненных) элементов, которые создаются непосредственно в расширение на нижнем уровне.

Все множества конечномерны, а количество элементов в базовом и соподчиненных множествах произвольно, поэтому потенциально возможно дополнение и редукция элементов сформированной структуры КМ на основе предложенного способа представления (кортеж и схема).

Ориентированный граф, сочетающий теорию множеств позволяет непосредственно отобразить совокупность вершин соответствующих разным элементам, которые расположены на двух уровнях представленной иерархии параметрической КМ, а также связи между ними в виде набора дуг отображающих разные отношения: соподчинения, включения и вложения (рис. 3).

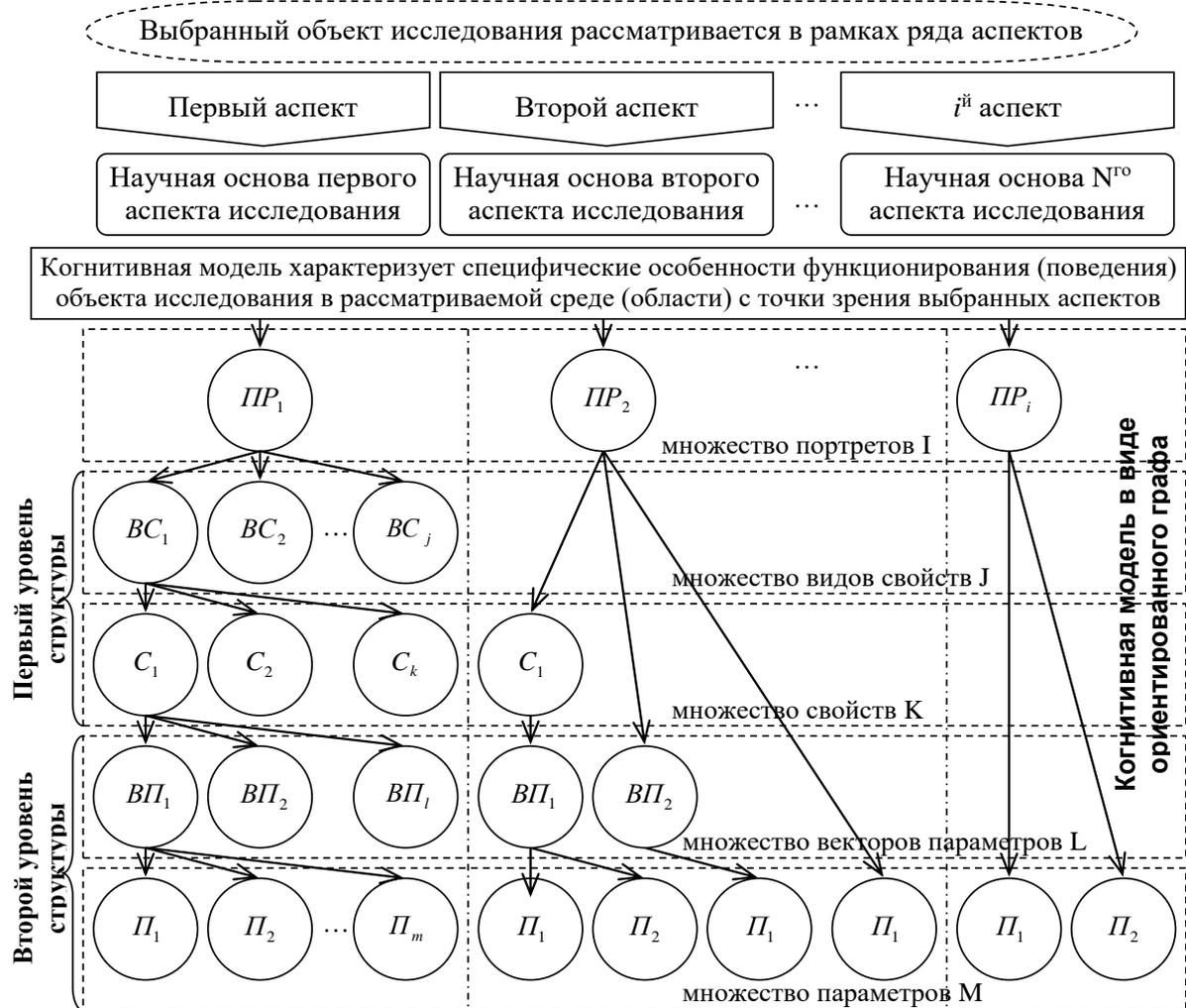


Рис. 3. Рекомендуемый способ представления когнитивной модели в виде ориентированного графа, сочетающего теорию множеств

КМ представленная посредством использования ориентированного графа, сочетающего теорию множеств представляет собой иерархическую структуру, которая включает ряд портретов с НО (I) и различных множеств, расположенных на двух независимых уровнях выделенной иерархии:

- на первом уровне – расположены несколько независимых вершин, которые непосредственно образуют множество видов свойств (J) и множество элементарных свойств (K);
- на втором уровне – непосредственно находятся несколько вершин образующих множество векторов параметров (L) и множество элементарных параметров (M) в основе КМ. Допускается детерминированная и случайная редукция и отсутствие некоторых элементов КМ.

Многоуровневая структурная схема включает совокупность независимых информационных элементов, отражающих особенности и локальности определенного объекта исследования, которые расположены непосредственно на разных уровнях выделенной иерархии и образуют несколько взаимно независимых множеств в основе структуры параметрической КМ (рис. 4).



Рис. 4. Рекомендуемый способ представления когнитивной модели

в виде многоуровневой структурной схемы

Многоуровневая структурная схема допускает относительную редукцию (исключение и отсутствие) некоторых элементов в основе разрабатываемой структуры параметрической КМ.

Алгоритм формирования структуры когнитивной модели

При формализации структуры параметрической КМ для обеспечения системного анализа определенного объекта, процесса или явления применяется ряд инновационных способов представления ее структуры: исчисление с использованием кортежей на доменах (аналитическое), граф, сочетающий теорию множеств (графическое) и многоуровневая структурная схема (схематическое).

Предложенный алгоритм входит в основу (разработанного автором) аппарата ТКМ и непосредственно обеспечивает формализацию итеративной последовательности упорядоченных этапов, которые реализуют непосредственно формирование структуры параметрической КМ (рис. 5).

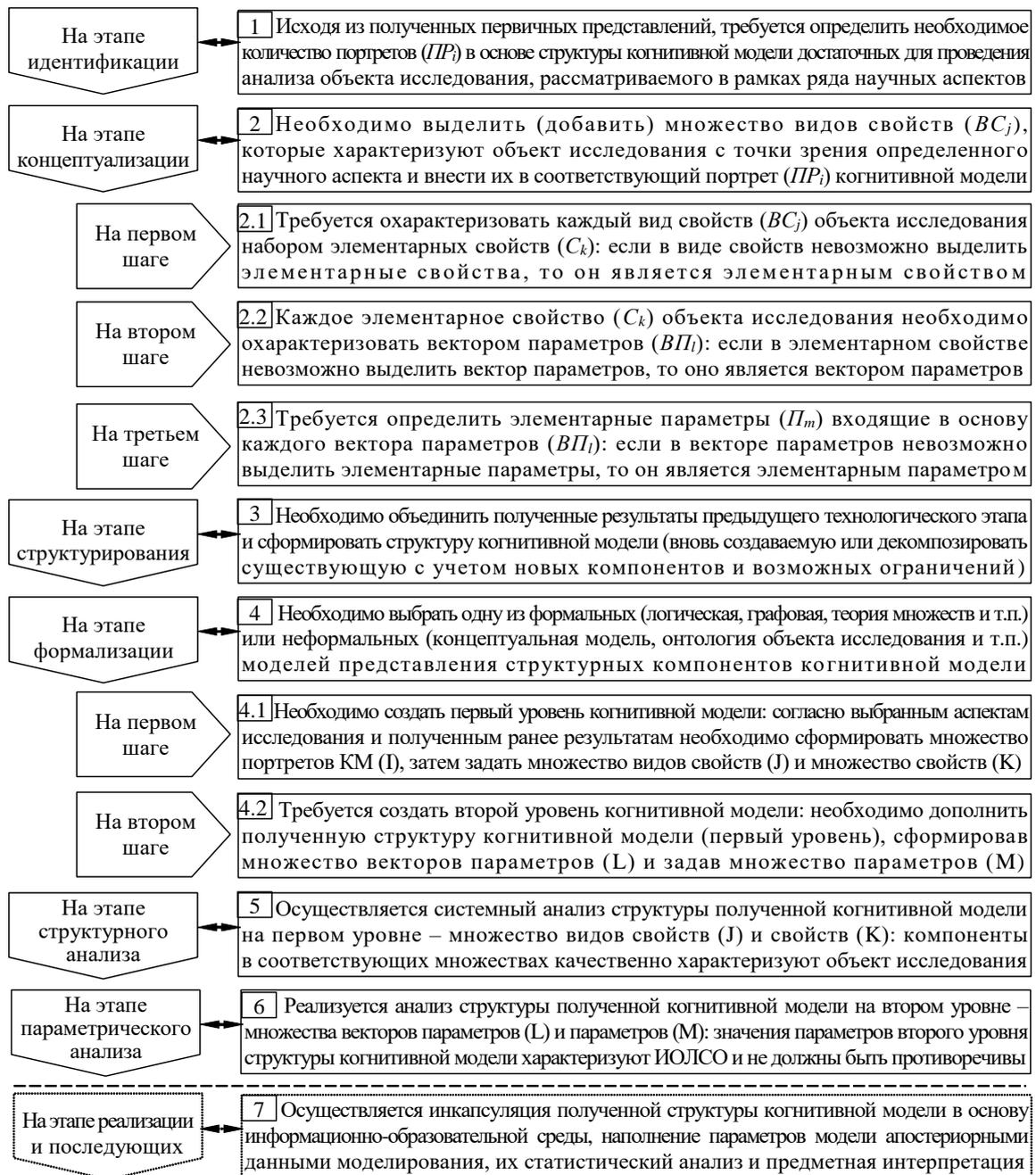


Рис. 5. Алгоритм формирования структуры когнитивной модели

Когнитивная модель субъекта обучения

КМ субъекта обучения аккумулирует индивидуальные особенности сенсорного восприятия (физиологический портрет), обработки (психологический портрет) и понимания (лингвистический портрет) содержания последовательности информационных фрагментов, представленных заданным способом на определенном национальном или иностранном языке субъектом обучения.

Применим исчисление с использованием кортежей на доменах, при этом структура параметрической КМ включает ряд обозначений и представляется непосредственно следующим образом:

$КМ_1 = \{ПР_1^1, ПР_2^1, ПР_3^1\}$ – параметрическая КМ имеет три независимых портрета и ряд элементов:

- первый портрет КМ субъекта обучения представляется в виде $ПР_1^1 = \{ВС_1^1\}$, где:
 $ВС_1^1 = \{C_1^1, C_2^1\}$;
 $C_1^1 = \{ВП_1^1, ВП_2^1, ВП_3^1\}$, $C_2^1 = \{ВП_4^1\}$;
 $ВП_1^1 = \{П_1^1, П_2^1, П_3^1\}$, $ВП_2^1 = \{П_4^1, П_5^1, П_6^1\}$, $ВП_3^1 = \{П_7^1, П_8^1, П_9^1, П_{10}^1\}$, $ВП_4^1 = \{П_{11}^1, П_{12}^1, П_{13}^1\}$;
- второй портрет КМ субъекта обучения отражается в виде $ПР_2^1 = \{ВС_2^1\}$, где:
 $ВС_2^1 = \{C_3^1, C_4^1, C_5^1, C_6^1\}$;
 $C_3^1 = \{ВП_5^1\}$, $C_4^1 = \{ВП_6^1, ВП_7^1\}$, $C_5^1 = \{ВП_8^1, ВП_9^1, ВП_{10}^1, ВП_{11}^1, ВП_{12}^1, ВП_{13}^1\}$, $C_6^1 = \{ВП_{14}^1\}$;
 $ВП_5^1 = \{П_{14}^1, П_{15}^1, П_{16}^1, П_{17}^1, П_{18}^1, П_{19}^1, П_{20}^1, П_{21}^1, П_{22}^1\}$; $ВП_6^1 = \{П_{23}^1, П_{24}^1, П_{25}^1, П_{26}^1\}$;
 $ВП_7^1 = \{П_{27}^1, П_{28}^1, П_{29}^1, П_{30}^1\}$; $ВП_8^1 = \{П_{31}^1, П_{32}^1\}$; $ВП_9^1 = \{П_{33}^1, П_{34}^1\}$; $ВП_{10}^1 = \{П_{35}^1, П_{36}^1\}$;
 $ВП_{11}^1 = \{П_{37}^1, П_{38}^1\}$; $ВП_{12}^1 = \{П_{39}^1, П_{40}^1\}$; $ВП_{13}^1 = \{П_{41}^1, П_{42}^1\}$; $ВП_{14}^1 = \{П_{43}^1, П_{44}^1\}$;
- третий портрет КМ субъекта обучения формализуется в виде $ПР_3^1 = \{ВС_3^1\}$, где:
 $ВС_3^1 = \{C_7^1\}$; $C_7^1 = \{ВП_{15}^1\}$; $ВП_{15}^1 = \{П_{45}^1, П_{46}^1, П_{47}^1\}$.

В основе полученной структуры КМ средства обучения отсутствуют некоторые элементы, при этом она является существенно разветвленной, что позволяет непосредственно говорить о существенной широте охвата рассматриваемого в ходе системного анализа объекта исследования.

Теоретическая КМ содержит исчерпывающий набор параметров, а экспериментальная КМ может содержать актуальное множество параметров для организации процесса исследования.

Параметрическая идентификация экспериментальной КМ осуществляется посредством методики исследования параметров КМ субъекта обучения [6, 7] в основе технологии когнитивного моделирования [2, 6, 10] и непосредственно при помощи прикладного диагностического модуля в составе комплекса программ для автоматизации прикладных задач системного анализа [3, 6, 8].

Нормативно-методической основой диагностики параметров КМ субъекта обучения выступают методические указания и описания к методам исследования, которые имеют научное обоснование в разных предметных областях: психофизиология восприятия (физиологический портрет), когнитивная психология (психологический портрет) и прикладная лингвистика (лингвистический портрет).

Далее следует структура КМ субъекта обучения, которая представлена посредством использования инновационного ориентированного графа, сочетающего теорию множеств (рис. 6).

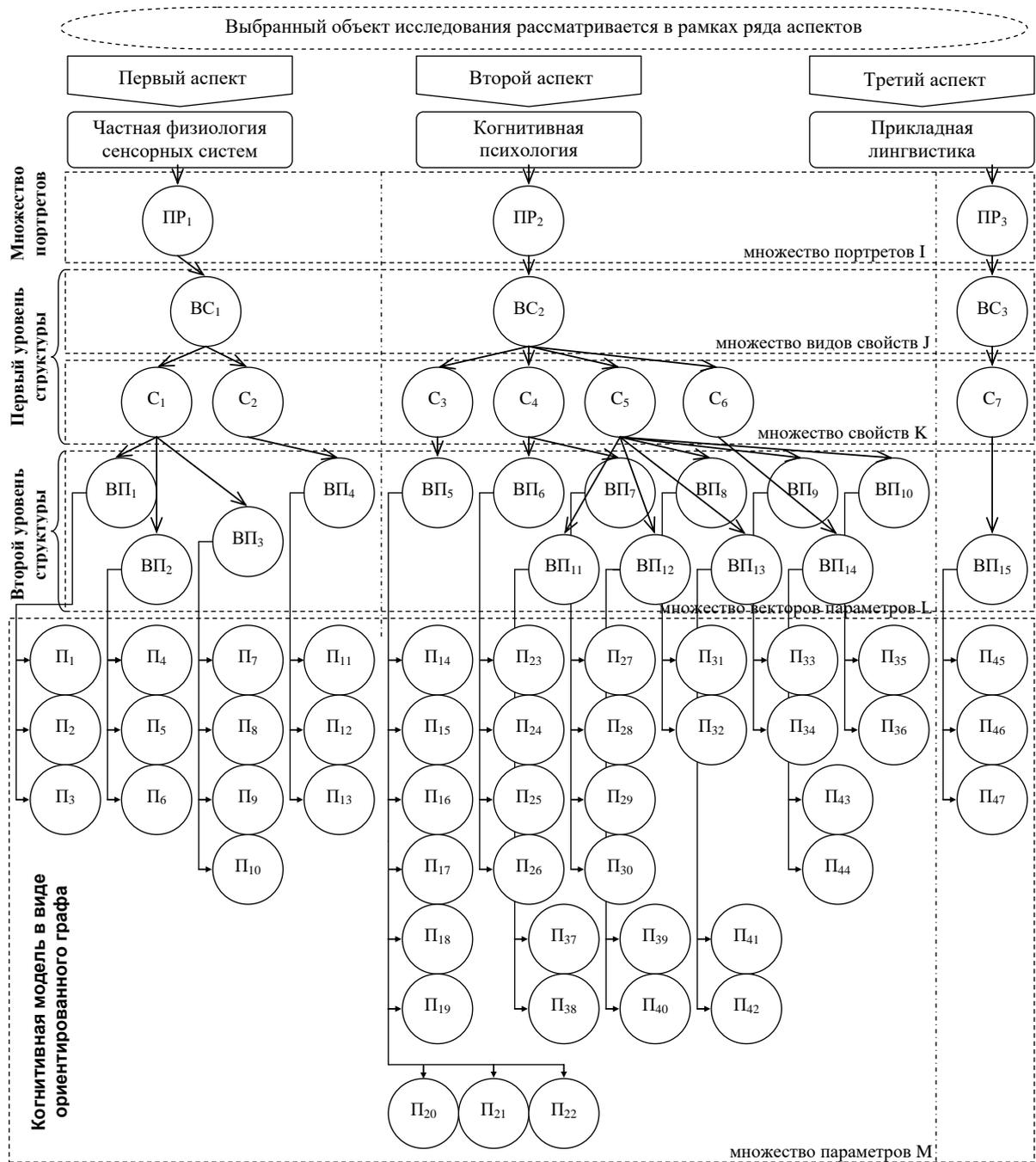


Рис. 6. Структура когнитивной модели субъекта обучения в виде ориентированного графа

Структура КМ субъекта обучения [2-4, 6] содержит физиологический, психологический и лингвистический портреты, имеющие четкое научное обоснование в рамках подобранной совокупности предметных областей для реализации возможности последующей интерпретации выявленных зависимостей и закономерностей посредством использования статистических методов.

КМ субъекта обучения представляется в виде многоуровневой структурной схемы (рис. 7).



Рис. 7. Структура когнитивной модели субъекта обучения в виде многоуровневой структурной схемы

Когнитивная модель средства обучения

КМ средства обучения агрегирует набор параметров, характеризующих потенциальные технические возможности средства обучения при генерации последовательности разнородных информационных фрагментов разными способами (текст, таблица, плоская схема, объемная схема, статический или динамический аудио- и видео-поток, звуковая схема как основная или сопровождение).

Практическое использование исчисления с кортежами на доменах непосредственно позволяет представить КМ субъекта обучения следующим образом: $КМ_2^2 = \{ПР_1^2, ПР_2^2, ПР_3^2\}$, где имеющиеся в ее основе портреты параметрической КМ представляются в аналитическом виде:

- первый портрет параметрической КМ средства обучения $ПР_1^2 = \{ВС_1^2\}$, где:
 $ВС_1^2 = \{C_1^2, C_2^2\}$, в свою очередь:
 $C_1^2 = \{ВП_1^2, ВП_2^2, ВП_3^2\}$, $C_2^2 = \{ВП_4^2\}$, а также
 $ВП_1^2 = \{П_1^2, П_2^2, П_3^2\}$, $ВП_2^2 = \{П_4^2, П_5^2, П_6^2\}$, $ВП_3^2 = \{П_7^2, П_8^2, П_9^2, П_{10}^2\}$, $ВП_4^2 = \{П_{11}^2, П_{12}^2, П_{13}^2, П_{14}^2\}$;
- второй портрет параметрической КМ средства обучения $ПР_2^2 = \{ВС_2^2\}$, где:
 $ВС_2^2 = \{C_3^2, C_4^2, C_5^2, C_6^2\}$, в свою очередь:
 $C_3^2 = \{ВП_5^2\}$, $C_4^2 = \{ВП_6^2, ВП_7^2\}$, $C_5^2 = \{ВП_8^2, ВП_9^2, ВП_{10}^2, ВП_{11}^2, ВП_{12}^2\}$, $C_6^2 = \{ВП_{13}^2\}$,
а также $ВП_5^2 = \{П_{15}^2, П_{16}^2, П_{17}^2, П_{18}^2, П_{19}^2, П_{20}^2, П_{21}^2, П_{22}^2\}$; $ВП_6^2 = \{П_{23}^2, П_{24}^2, П_{25}^2, П_{26}^2, П_{27}^2, П_{28}^2, П_{29}^2, П_{30}^2\}$;
 $ВП_7^2 = \{П_{31}^2, П_{32}^2\}$; $ВП_8^2 = \{П_{33}^2, П_{34}^2\}$; $ВП_9^2 = \{П_{35}^2, П_{36}^2\}$; $ВП_{10}^2 = \{П_{37}^2, П_{38}^2\}$; $ВП_{11}^2 = \{П_{39}^2, П_{40}^2\}$;
 $ВП_{12}^2 = \{П_{41}^2, П_{42}^2\}$; $ВП_{13}^2 = \{П_{43}^2, П_{44}^2\}$;
- третий портрет КМ средства обучения представляется в виде $ПР_3^2 = \{ВС_3^2\}$, где:
 $ВС_3^2 = \{C_7^2\}$, в свою очередь:
 $C_7^2 = \{ВП_{14}^2\}$, а также
 $ВП_{14}^2 = \{П_{45}^2, П_{46}^2, П_{47}^2\}$.

Имеющиеся портреты параметрической КМ средства обучения позволяют с достаточной для практики точностью охарактеризовать объект, процесс или явление подлежащий исследованию.

Параметрическая идентификация КМ средства обучения осуществляется на основе технического описания средства обучения в течении его жизненного цикла, при этом применяется методика исследования параметров КМ средства обучения расположенная в основе аппарата разработанной технологии когнитивного моделирования для системного анализа ИОС [2, 4, 6, 7, 10].

Модификации программной реализации процедурной и декларативной основы функционирования средства обучения (ЭУ), включая изменения инфологической схемы базы данных, непосредственно отражаются в техническом описании средства обучения и существенно влияют на значения актуального множества параметров КМ средства обучения, а также оказывают большое влияние на ее структуру, которая потенциально представляется разными способами.

КМ средства обучения представлена в виде иерархической двухуровневой структуры посредством предложенного ориентированного графа, сочетающего теорию множеств (рис. 8) [4, 6, 7, 10].

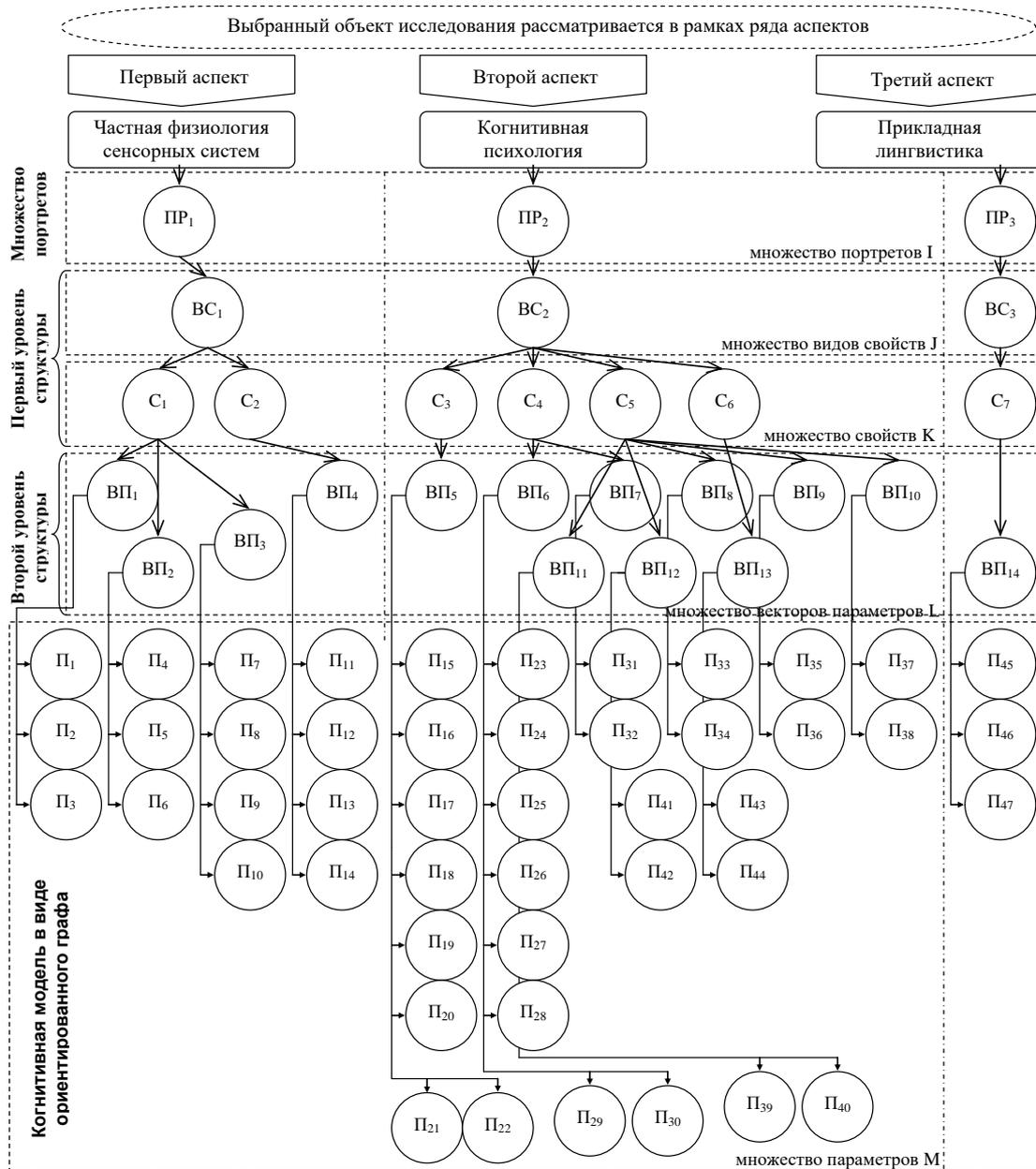


Рис. 8. Структура когнитивной модели средства обучения в виде ориентированного графа

Ориентированный граф, сочетающий теорию множеств позволяет удобно наглядно интерпретировать структуру КМ средства обучения только с аналитической точки зрения, а также свидетельствует о потенциальной возможности алгоритмизации всех элементов структуры КМ.

При построении и анализе элементов КМ допустима редукция, может не соблюдаться симметричность при ее (ре)конструкции посредством алгоритма формирования структуры КМ.

КМ средства обучения представляется в виде многоуровневой структурной схемы (рис. 9).



Рис. 9. Структура когнитивной модели средства обучения в виде многоуровневой структурной схемы

Особенности диагностики параметров когнитивной модели субъекта обучения

Теоретические КМ субъекта обучения и КМ средства обучения выступают потенциально расширяемыми в ширину и глубину репертуарами параметров, которые эшелонированы на несколько независимых портретов имеющих определенное научное обоснование и стратифицированы на ряд множеств, расположенных на разных уровнях выделенной иерархии модели (КМ).

Диагностика значений параметров КМ осуществляется в определенной последовательности посредством использования методик исследования параметров КМ вне зависимости от вида и структурных особенностей параметрической КМ на основе методов исследования в форме тестов.

Вид параметрической КМ существенно зависит от предметной области и объекта исследования, а ее структурные особенности определяются совокупностью классификационных признаков, которые характеризуют выбранный для последующего анализа объект исследования.

Для создания, анализа и повышения эффективности функционирования ИОС и САО со свойствами адаптации на основе блока параметрических КМ вводятся в рассмотрение две КМ: КМ субъекта обучения и КМ средства обучения, при этом каждая КМ включает три портрета, три научных аспекта анализа выбранного объекта исследования и три области для научного обоснования.

Типовая последовательность (алгоритм) проведения исследования параметров КМ включает:

- предварительный этап – поиск, подбор, первичный анализ, классификация и систематизация различных научно-обоснованных методов диагностики заданных параметров КМ;
- подготовительный этап к исследованию параметров КМ – настройка прикладного ДМ;
- диагностика значений параметров КМ – автоматизированное тестирование индивидуальных особенностей контингента обучаемых посредством набора методов исследования;
- накопление и первичная математическая обработка апостериорных данных – осуществляется на основе серии экспериментов, предполагает анализ соответствия нормальному закону распределения номинальных значений в выборках с апостериорными данными;
- вторичная математическая обработка апостериорных данных – представляет собой математическую обработку посредством использования набора статистических методов;
- интерпретация – научное обоснование выявленных зависимостей и закономерностей, их графическая интерпретация с представлением выводов и существенных комментариев.

Анализ и интерпретации полученных закономерностей и зависимостей актуализирует применение средств визуализации в основе пакетов математической статистики, систем электронных таблиц, мультимедиа презентаций, которые позволяют наглядно представлять и обсуждать на семинарах качественные изменения на основе количественных значений признаков.

Диагностика значений параметров когнитивной модели субъекта обучения

Диагностика параметров КМ субъекта обучения осуществляется на основе методики исследования параметров КМ субъекта обучения и прикладного ДМ, что позволяет обеспечить:

1. Подготовительный этап к исследованию различных параметров КМ субъекта обучения:
 - анализ и верификация имеющейся структуры теоретической КМ субъекта обучения;
 - формирование актуального множества параметров КМ для последующего исследования исходя из априорно заданной теоретической структуры КМ субъекта обучения;
 - модернизация и рекомбинация имеющихся методов исследования существующих параметров КМ субъекта обучения, расположенных в основе базы данных прикладного ДМ;
 - поиск и подбор набора различных методов исследования из определенных прикладных областей, связанных с объектом исследования и проблемной средой для диагностики новых параметров в основе создаваемой экспериментальной КМ субъекта обучения;
 - модернизация существующих и создание новых процедур для реализации автоматизации процесса диагностики вновь включенных параметров КМ субъекта обучения;
 - сбор перечня наименований групп и параметров испытуемых для реализации формирования базы данных с учетными записями пользователей и апостериорными данными тестирования;
 - наполнение базы данных с параметрами методов исследования в основе прикладного ДМ имеющимися значениями параметров используемых методов исследования;
 - наполнение базы данных с параметрами учетных записей пользователей в основе прикладного ДМ значениями параметров новых и существующих учетных записей пользователей.
2. Автоматизированное тестирование индивидуальных особенностей контингента обучаемых:
 - выдача разъяснений и личных карточек для регистрации апостериорных данных тестирования;
 - проведение цикла автоматизированной диагностики параметров КМ субъекта обучения на основе заданных методов исследования посредством использования прикладного ДМ;
 - регистрация апостериорных данных исследования в форме теста на личные карточки испытуемых и в базу данных комплекса программ с апостериорными данными тестирования;
3. Систематизация апостериорных данных тестирования на основе серии экспериментов:
 - классификация и сортировка апостериорных данных тестирования в базе данных;
 - формирование выборок и комплексов для реализации первичной и вторичной обработки апостериорных данных серии экспериментов посредством пакетов статистического анализа;
4. Обработка апостериорных данных исследования, полученных в ходе серии экспериментов:
 - систематизация апостериорных данных исследования параметров КМ субъекта обучения;
 - архивирование временно неиспользуемых методов исследования и апостериорных данных.

Диагностика значений параметров когнитивной модели средства обучения

Диагностика значений параметров КМ средства обучения осуществляется на основе методики исследования параметров КМ средства обучения, которая входит в основу аппарата созданной ТКМ и технического описания средства обучения для обеспечения системного анализа ИОС:

1. Подготовительный этап к исследованию различных параметров КМ средства обучения:

- анализ имеющейся сформированной теоретической структуры КМ средства обучения;
- формирование актуального множества параметров КМ средства обучения для последующего использования непосредственно на основе теоретической структуры КМ;
- анализ имеющегося технического описания для верификации набора параметров КМ средства обучения с целью последующего обеспечения процесса проведения экспериментальных исследований и настройки параметров средств обучения (адаптивного ЭУ) [3, 9];
- поиск, подбор и систематизация набора различных технических описаний и руководств к средствам обучения для обеспечения потенциальной возможности добавления новых параметров в основу создаваемой экспериментальной структуры КМ средства обучения;
- модернизация существующих и создание новых процедур для реализации автоматизации диагностики вновь включенных актуальных параметров КМ средства обучения;
- формирование базы данных в основе прикладного ДМ со значениями параметров учетных записей пользователей и полученной экспериментальной КМ средства обучения.

2. Методическое сопровождение полного цикла автоматизированного тестирования индивидуальных особенностей контингента обучаемых посредством использования прикладного ДМ:

- выдача различных комментариев, разъяснений и рекомендаций по вопросам создания, внедрения и практического использования разных средств обучения (адаптивного ЭУ);
- контроль и инструктаж для обеспечения регистрации апостериорных данных исследования на личные карточки испытуемых и в базу данных комплекса программ.

3. Систематизация апостериорных данных по факту проведения серии экспериментов:

- сопоставление различных параметров отображения информации ЭУ с ИОЛСО;
- формирование выборок и комплексов с апостериорными данными для реализации первичной и вторичной математической обработки апостериорных данных серии экспериментов;
- рекомендации к усовершенствованию архитектуры компонентов САО на основе блока КМ.

4. Обработка апостериорных данных тестирования полученных в ходе серии экспериментов:

- сохранение апостериорных данных исследования технических параметров средства обучения (ЭУ);
- резервное копирование значений параметров компонентов ИОС и САО, которые отражают потенциальные технические возможности отображения и обработки информации [6, 8, 9].

Выводы в результате практического использования блока параметрических когнитивных моделей

1. КМ субъекта обучения непосредственно позволяет охарактеризовать особенности первичного сенсорного восприятия (психофизиология), обработки (когнитивная психология) и понимания (когнитивная и прикладная лингвистика) содержания последовательности информационных фрагментов на определенном языке, которые отражают содержание предмета изучения.
2. КМ средства обучения отражает потенциальные технические параметры отображения последовательности информационных фрагментов разного вида разным способом.
3. Блок параметрических КМ позволяет провести системный анализ эффективности функционирования ИОС и САО с учетом параметров КМ субъекта обучения и КМ средства обучения.
4. Предложены инновационные способы представления структуры параметрической КМ.
5. Оптимальное сочетание значений параметров отображения последовательности информационных фрагментов рассчитывается с учетом ИОЛСО хранящихся в КМ субъекта обучения и параметров КМ средства обучения отражающих потенциальных технических возможностей адаптивного ЭУ (предлагается процессора адаптивной репрезентации информации, который выполнен по блочно-модульному принципу с учетом особенностей параллельной архитектуры [3, 6]).
6. Практическое использование полученных научных результатов осуществлялось с 2004 г. в учебном процессе «Международного банковского института» и с 2003 г. в учебном процессе «Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ"», а в ходе проведения серии экспериментальных исследований были получены два акта о практическом использовании и четыре авторских свидетельства на полученные научные результаты.
7. Технологический процесс управляемого формирования знаний контингента обучаемых выступает сложным для проведения системного анализа на основе технологии когнитивного моделирования [6], включает совокупность заделов и фаз обработки информации, существенно зависит от разных параметров, обусловленных субъектом и техническим средством обучения [11].
8. Оценка эффективности САО со свойствами адаптации на основе блока параметрических КМ производилась посредством использования общепринятых показателей эффективности (результативности) процесса автоматизированного формирования знаний контингента обучаемых:

$$\mathbf{K} = \{k_1; k_2; k_3\} = \left\{ Y_2 - Y_1; \frac{Y_2}{Y_1}; \frac{Y_2 - Y_1}{Y_1} 100\% \right\}, \text{ где коэффициенты } k_1, k_2, k_3 \text{ соответственно обозначают}$$

абсолютный, сравнительный и относительный показатели результативности формирования знаний контингента обучаемых [2, 4, 6, 8, 10], а результаты статистической обработки апостериорных данных серии экспериментов обработаны, обобщены и сведены в табл. 1 [11].

Таблица 1

Результаты первичного статистического анализа результативности обучения

| 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 |
| Результаты 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 |

9. В результате регрессионного анализа апостериорных данных полученные значения коэффициента множественной корреляции ($KMK=0,558$) и коэффициента множественной детерминации ($KMD=0,312$) свидетельствуют, что 31,2% дисперсии зависимой переменной \hat{Y}_i (оценка УОЗО) определяется непосредственно вариацией значений коэффициентов (предикторов) K_i , находящихся в полученной линейной модели множественной регрессии $\hat{Y}(K_i)$. Номинальные значения исходных (β) и стандартизованных коэффициентов (β') линейной модели множественной регрессии $\hat{Y}(K_i)$ представлены в отчете по НИР [11]. Константа равна 4,653.

Представлены предикторы (независимые переменные) в линейной модели множественной регрессии, при этом результативность обучения Y (оценка УОЗО) как зависимая переменная или фактор, который определяет эффективность процесса формирования знаний обучаемых.

Предикторы (факторы) определяют степень влияния на результативность формирования знаний.

Тогда линейное уравнение множественной регрессии принимает следующий вид:

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

Предикторы обозначены следующим образом: $VOZR$ – возраст, K_7 – ахромазия, K_8 – протанопия, K_9 – дейтеранопия, K_{14} – вербальный интеллект, K_{15} – дедукция, K_{16} – комбинаторика, K_{17} – рассуждение, K_{18} – аналитичность, K_{19} – индукция, K_{20} – мнемоника и память, K_{21} – плоскостное воображение, K_{22} – объемное мышление, K_{23} – вербальная ассоциативность, K_{24} – вербальная оригинальность, K_{25} – вербальная уникальность, K_{27} – образная ассоциативность, K_{28} – образная оригинальность, K_{29} – образная уникальность, K_{45} – уровень владения языком изложения.

10. ТКМ позволяет реализовать дополнительный контур адаптации на основе блока параметрических КМ, а также провести комплексный системный анализ ИОС, направленный на повышение эффективности функционирования системы АДО и результативности процесса формирования знаний контингента обучаемых с минимальными транзакционными и временными издержками.

11. В ходе проведения дискриминантного анализа выделено несколько групп обучаемых в зависимости от оценки УОЗО: «5» – отличники; «4» – хорошисты; «3» – троечники [11].

Рис. 10 отражает геометрическую интерпретацию положения центроидов классов соответствующих выделенным группам обучаемых в пространстве координат двух канонических функций.

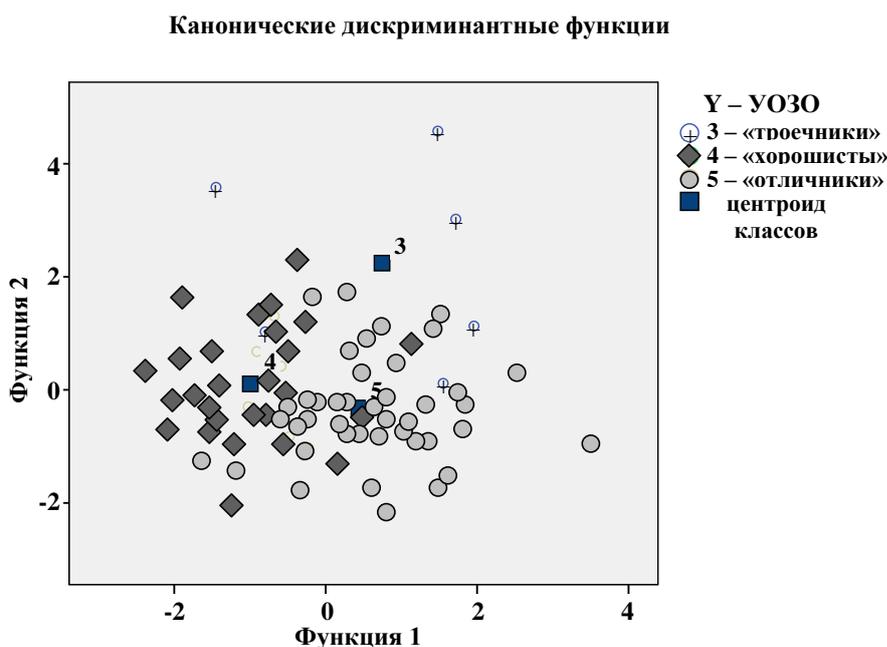


Рис. 10. Центроиды классов обучаемых в пространстве канонических функций

Литература

1. Ветров А.Н. Факторы успеха в образовательной деятельности ВУЗа: Тенденции развития информационной среды дистанционного образования / А.Н. Ветров, Н.А. Ветров; колл. монография под ред. члена-корр. МАН ВШ И.Н. Захарова. – СПб: МБИ, 2004. – С.54-65 (148 с.).
2. Ветров А.Н. Факторы успеха в образовательной деятельности ВУЗа: Когнитивная модель для адаптивных систем дистанционного обучения / А.Н. Ветров, Е.Е. Котова; колл. монография под ред. члена-корр. МАН ВШ И.Н. Захарова. – СПб: МБИ, 2004. – С.65-78. (148 с.).
3. Ветров А.Н. Особенности структуры информационной среды адаптивных систем ДО / А.Н. Ветров, Н.А. Ветров // «Актуальные проблемы экономики и новые технологии преподавания»: материалы IV^{го} междунар. науч.-практ. конф., г. С.-Петербург, 15-16 марта 2005 г. – СПб.: МБИ, 2005. – С.45-46.
4. Ветров А.Н. Информационная среда автоматизированного обучения на основе когнитивных моделей / А.Н. Ветров, Е.Е. Котова, Н.Н. Кузьмин // Известия МАН ВШ, №3(37). – М.: МАН ВШ, 2006. – 18 с.
5. Ветров А.Н. Особенности развития теории информации и информационных технологий на пороге XXI^{го} века: Монография. – М.: Деп. в РАО. – 2007. – 141 с.
6. Ветров А.Н. Среда автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей: Монография. – М.: Деп. в РАО. – 2007. – 256 с.
7. Ветров А.Н. Методики и алгоритмы в основе технологии когнитивного моделирования / А.Н. Ветров // «Управление качеством в современном ВУЗе»: материалы V междунар. науч.-метод. конф., г. Санкт-Петербург, 21-22 июня 2007 г. – СПб.: МБИ, 2007. – С.86-89.
8. Ветров А.Н. Реализация адаптивного обучения в автоматизированной образовательной среде на основе когнитивных моделей / А.Н. Ветров // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ", Вып. 1, Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2007. – 9 с.
9. Ветров А.Н. Электронный учебник на основе процессора адаптивной репрезентации информационных фрагментов в автоматизированной образовательной среде. – М.: Деп. во ВИНТИ РАН. – 2007, ВКИТ №11, 2008 – 15 с.
10. Ветров А.Н. Технология когнитивного моделирования в автоматизированной образовательной среде. – М.: Деп. во ВИНТИ РАН. – 2007, Вестник РУДН №4, 2008. – 15 с.
11. Ветров А.Н. Отчет по НИР «Исследование среды автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей» за 2003–2005 годы, проведенной в процессе написания диссертации. – СПб., 2005. – 300 с.
12. Горелов И.Н. Разговор с компьютером. – М.: «Наука», 1987. – 255 с.
13. Лобачев С.Л., Солдаткин В.И. ДО технологии: Информационный аспект. – М., 1998. – 104 с.
14. Шенк Р. Обработка концептуальной информации. – М.: «Энергия», 1980. – 256 с.

UDC 004.81+308.8+519.688

Name of the heading: "Computer science, computer facilities and control".

UDC 004.81+308.8+519.688

THE PARAMETRICAL COGNITIVE MODELS BLOCK FOR THE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF INFORMATION EXCHANGE IN THE ADAPTIVE ENVIRONMENT OF THE AUTOMATED TRAINING

A.N. Vetrov

RF, 195248, Saint-Petersburg city, pr. Energetikov, h. 36, fl. 82.

The parametrical cognitive models block is the informational basis of the system analysis, contains the cognitive models of the subject and means of training, each from which acts as the repertoire of parameters, echeloned on a row of portraits and stratified on the several independent sets located on the two levels of the allocated hierarchy. The system analysis of the information-educational environments initiates the need of to taking into account of a wide spectrum of the different scientific fundamental and applied directions of modern science, and also causes the need of use of the innovative apparatus of research.
pic. 10. Bibliorg. 10 names.

Keywords: *the information-educational environment; the cognitive model; the automated training system; the cognitive modeling technology.*

Vetrov Anatoly Nikolaevich, the author of the unique technology of cognitive modeling, tel.: +7(812)950-2706, e-mail: vetrovan@nwgsm.ru.