

**АДАПТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО (ДИСТАНЦИОННОГО) ОБУЧЕНИЯ  
НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ**

*Предлагается подход к созданию, анализу и повышению эффективности функционирования информационно-образовательной среды системы автоматизированного (дистанционного) обучения на основе параметрических когнитивных моделей*

**Информационно-образовательная среда,  
система автоматизированного (дистанционного) обучения, когнитивная модель,  
блок параметрических когнитивных моделей, технология когнитивного моделирования,  
алгоритм формирования структуры когнитивной модели.**

Информатизация образовательных (научных) учреждений инициирует рассмотрение широкого спектра научных аспектов (подходов): региональный, экономический, организационный, технический, внедренческий, социальный, педагогический, методический, эргономический, физиологический, психологический, лингвистический и другие.

Генезис идей автоматизированного обучения прослеживается с середины 20<sup>х</sup> г. прошлого века и связан с появлением классических моделей, используемых в основе образовательных средств: линейная (Б.Ф. Скиннер), линейная с обратной связью (С.Л. Пресси), разветвленная и разветвленная многоуровневая (Н.А. Краудер, Г. Паск), которые в дальнейшем получили развитие в работах ряда российских ученых: А.И. Берг, В.П. Беспалько, П.Я. Гальперин, В.М. Глушков, А.М. Довгялло, Л.Б. Ительсон, Л.Н. Ланда, А.Н. Леонтьев, Е.И. Машбиц, Н.Ф. Талызина, Е.Л. Ющенко и другие.

Классические и инновационные информационно-образовательные среды (ИОС) систем автоматизированного (дистанционного) обучения (АДО), созданные на основе традиционных моделей и технологий практически не учитывают индивидуальные особенности (характеристики) личности субъекта обучения (ЛХО). Существенным исключением является разветвленная многоуровневая модель, учитывающая уровень остаточных знаний обучаемого и уровень изложения по предмету изучения.

Современный уровень развития науки и технологии позволяет реализовать средства обучения нового поколения, учитывающие ЛХО на основе гибридной и адаптивной моделей, что существенно влияет на качество (пере)подготовки квалифицированных специалистов.

Индивидуальная ориентация информационного взаимодействия между субъектами обучения и средствами обучения в ИОС системы АДО достигается за счет использования ряда современных технологий: технология индивидуального обучения – реализует схему «субъект – средство обучения», технология индивидуализированного обучения – обеспечивает учет индивидуальных особенностей личности, технология адаптивного обучения – позволяет генерировать образовательные воздействия непосредственно на основе инвариантной (параметрической) когнитивной модели.

Для реализации адаптивной генерации информационно-образовательных воздействий согласно ЛХО в ИОС системы АДО предлагается использовать когнитивную модель (КМ), структура которой непосредственно отвечает ряду современных требований: релевантность – сформировать модель с набором личностных характеристик субъекта обучения, учитываемых средствами обучения ИОС и существенными для достижения целей обучения, адекватность – соответствие полученной параметрической модели оригиналу, состоятельность – поддержка средствами обучения ИОС квази-динамического системного анализа и обновления номинальных значений параметров модели за счет систематического накопления данных о состоянии субъекта обучения.

Структура обучения как технологического процесса формирования знаний обучаемого (рис. 1), включает ряд разнородных технологических заделов (технологических этапов): планирование, подготовка учебно-методического комплекса (УМК), фаза обучения (на расстоянии), анализ и контроль состояния субъекта обучения.

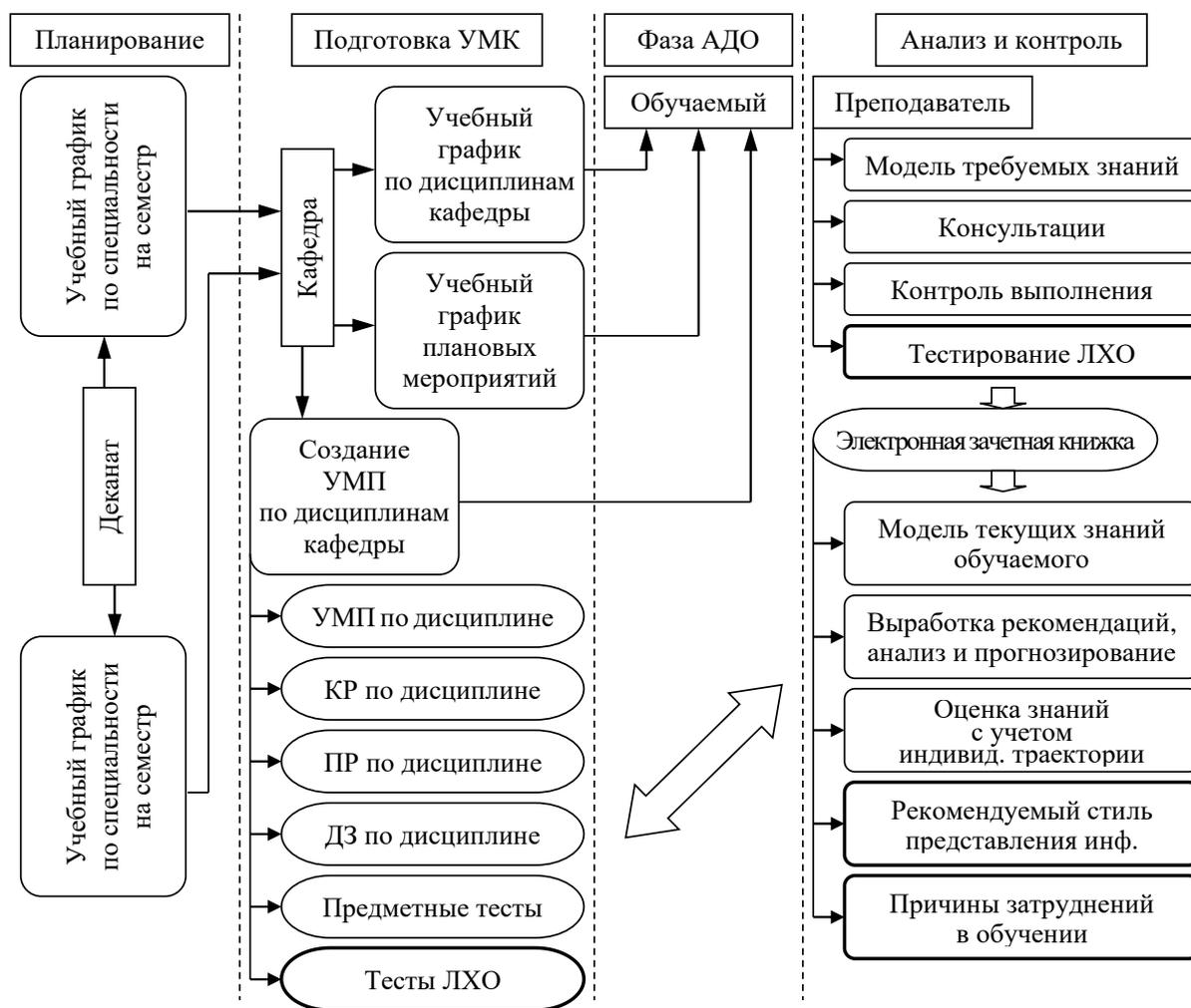


Рис. 1. Технологические особенности при организации автоматизированного (дистанционного) обучения на основе параметрических когнитивных моделей

Реализация ИОС адаптивного обучения на основе блока параметрических КМ влечет модификацию некоторых технологических этапов образовательного процесса: этап подготовки (электронного) УМК – необходимо подготовить тесты ЛХО, этап (автоматизированного) анализа и контроля – требуется протестировать ЛХО, выявить предпочтительные параметры представления информационных фрагментов, причины затруднений каждого обучаемого при их восприятии и обработке, а затем занести апостериорные результаты в электронную записную книжку (ЭЗК).

Структура системы АДО с элементами адаптации на основе блока КМ (рис. 2) представляет собой замкнутый контур (с обратными связями), включающий два уровня информационного взаимодействия между субъектами и средствами обучения: первый уровень представлен каналом инкапсуляции знаний и каналом анализа состояния, второй уровень содержит канал репрезентации знаний и канал идентификации состояния обучаемого.

По отношению к технологическому процессу формирования знаний (на расстоянии) субъекты ИОС системы АДО разграничены по уровню доступа и выступают в различных ролях: профицитные единицы (П.Е.): администратор, автор, тьютор и другие, дефицитные единицы (Д.Е.): гость, абитуриент, обучаемый и другие. Виртуальный диалог между субъектами обучения осуществляется посредством средств обучения ИОС системы АДО и поэтому обладает существенным недостатком – ограниченностью коммуникативного взаимодействия (в широком смысле), который необходимо исследовать и технологически устранять.

Обучение (на расстоянии) рассматривается как технологический процесс управляемого переноса знаний по предмету изучения в сознание обучаемого и включает последовательность технологических этапов обработки информации (визуальная репрезентация, восприятие, понимание, выработка умений, формирование навыков и агрегация полученной информации в знания), поэтому уровень остаточных знаний обучаемого существенно зависит от качества восприятия и понимания содержания информационных фрагментов.

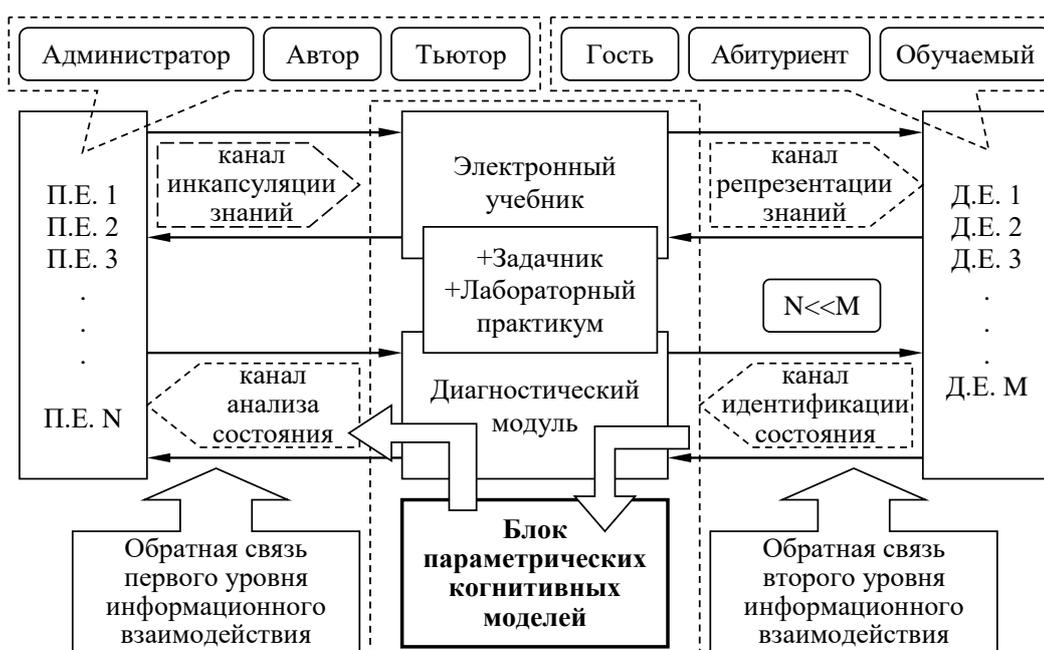


Рис. 2. Структура системы автоматизированного (дистанционного) обучения с элементами адаптации на основе блока параметрических когнитивных моделей

Диагностический модуль (основной и прикладной) системы АДО (рис. 3)

предназначен для начального, промежуточного и итогового контрольного тестирования уровня остаточных знаний обучаемого по определенному предмету изучения, а также реализует начальное и квази-динамическое исследование параметров ЛХО для наполнения номинальными значениями параметров параметрической КМ субъекта обучения.



Рис. 3. Общая схема обучения как управляемого технологического процесса с адаптацией

на основе блока параметрических когнитивных моделей:

принцип функционирования диагностического модуля

Управление отображением последовательности разнородных информационных фрагментов (электронная книга, раздел, глава, параграф и страница) различными способами реализует процессор адаптивной репрезентации последовательности информационных фрагментов, расположенный непосредственно в структуре адаптивного электронного учебника (рис. 4) на основе структурной (семантической) мета-модели предмета изучения и инновационного высоко-технологического блока параметрических КМ. Структурная (семантическая) мета-модель предмета изучения необходима и достаточна для наполнения предметным содержанием по циклу дисциплин (предметов изучения).

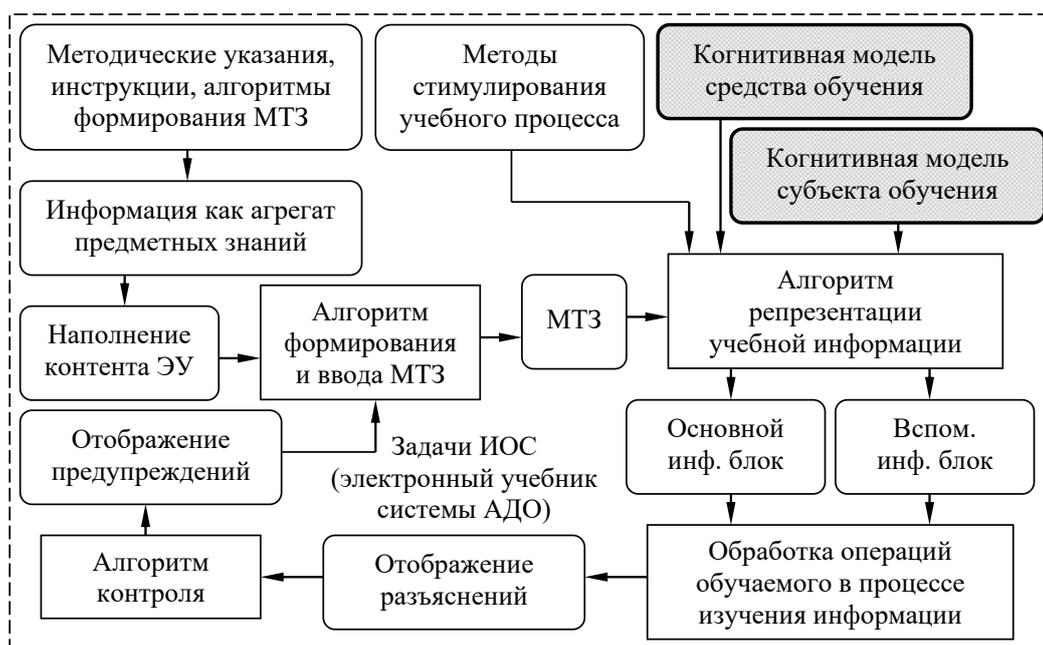


Рис. 4. Общая схема обучения как управляемого технологического процесса с адаптацией

на основе блока параметрических когнитивных моделей:

принцип функционирования электронного учебника

В адаптивном электронном учебнике материал по каждой дисциплине (предмету изучения) структурируется на главы, разделы, подразделы, модули, параграфы и страницы, каждому информационному фрагменту ассоциируется блок контрольных вопросов, предназначенный для использования в диагностическом модуле системы АДО, что позволяет эффективно организовать текущий, промежуточный и итоговый контроль уровня остаточных знаний субъекта обучения по ряду предметов изучения (дисциплин) с использованием ряда различных методов исследования (оценки) (тестов).

Для автоматизации исследования уровня остаточных знаний субъектов обучения разработан программный инструментарий (основной диагностический модуль), позволяющий непосредственно проводить оценку на основе двух шкал: «грубая» – расчет суммы правильных ответов на вопросы метода исследования (теста); «расширенная» или «точная» – расчет суммы набранных (штрафных) баллов по каждому (не)правильному варианту ответа на вопрос метода исследования (теста).

Обработка апостериорных данных тестирования осуществляется с использованием специальной методики (не представлена в данной научной статье), позволяющей оценить уровень знаний испытуемого и провести анализ качества теста непосредственно на основе ряда аналитических коэффициентов: сложность задания, суммарный результат выполнения всех заданий  $i^M$  обучаемым, суммарный результат выполнения  $j^{Γ^0}$  задания всеми обучаемыми, средний уровень тестирования по результатам выполнения всех заданий, средний уровень выполнения определенного  $j^{Γ^0}$  задания всеми обучаемыми, дисперсия суммарных баллов испытуемых (субъектов обучения), стандартное отклонение суммарных баллов испытуемых (субъектов обучения), дисперсия результатов тестирования по  $j^{M^U}$  заданию, стандартное отклонение результатов тестирования по определенному  $j^{M^U}$  заданию метода исследования (теста), оценка связи каждого  $j^{Γ^0}$  задания с суммой баллов по всему тесту (методу исследования), среднее арифметическое независимых экспертных оценок, стандартное отклонение независимых экспертных оценок, коэффициент корреляции результатов тестирования и независимых экспертных оценок (валидность теста) и показатель точности и устойчивости результатов тестирования (надежность теста).

Для комплексного решения научной проблемы создания и последующего системного анализа ИОС системы АДО с элементами адаптации на основе блока параметрических КМ предлагаются инновационная технология когнитивного моделирования (ТКМ) и методика использования ТКМ для формирования структуры параметрической КМ.

ТКМ выступает универсальной по отношению к объекту исследования и является итеративным циклом, включающим последовательность технологических этапов, позволяющих не только получить первичные представления об объекте исследования в рамках спектра разнородных научных аспектов рассмотрения объекта исследования, но и осуществить структурный (параметрический) системный анализ. ТКМ включает следующие технологические этапы (технологические заделы) системного анализа: идентификация (получение первичных представлений об объекте исследования), концептуализация (концептуальная схема объекта исследования в предметной области), структурирование (структурированные знания об объекте исследования в предметной области), формализация (построение первого и второго уровня структуры параметрической КМ), структурный анализ (верификация первого уровня структуры полученной параметрической КМ), параметрический анализ (верификация второго уровня структуры параметрической КМ, ее параметров), реализация (размещение полученной параметрической КМ в основе среды исследования), моделирование (когнитивное моделирование основанное на целостном подходе), анализ (статистическая обработка данных, полученных с помощью параметрической КМ), предметная интерпретация (интерпретация полученных тенденций, зависимостей, закономерностей и связей), синтез (накопление новых знаний о динамике развития объекта исследования в предметной области).

Для сложных объектов исследования ТКМ предусматривает привлечение консультантов: эксперт – квалифицированный специалист в предметной области (для ИОС методист и другие), когнитолог – квалифицированный специалист в области инженерии знаний, системный аналитик – квалифицированный специалист в области системного анализа и моделирования, программист – квалифицированный специалист в области языков программирования, владеющий методами и подходами к реализации современных программных средств посредством использования высоко-технологичных интегрированных сред программирования.

Методика использования ТКМ и алгоритм формирования структуры КМ (не представлены в научной статье) разработаны для формализации последовательности использования ТКМ с целью формирования структуры параметрических КМ для задач системного анализа ИОС системы АДО с элементами адаптации на основе блока параметрических КМ.

Для системного анализа структурно сложных объектов исследования рекомендуется использовать представление параметрической КМ в виде ориентированного графа, вершины которого образуют ряд математических множеств (рис. 5, сверху), что является существенно удобным для последующего системного анализа.

Для системного анализа структурно простых объектов исследования рекомендуется использовать схематическое представление параметрической КМ (рис. 5, внизу).

Параметрическая КМ – репертуар параметров, эшелонированный на совокупность портретов и стратифицированный на ряд математических множеств (представление КМ на рис. 5, сверху). Для ИОС системы АДО параметрическая КМ отражает наиболее важные научные аспекты (подходы) и параметры информационного взаимодействия непосредственно существенно разнородных субъектов обучения и средств обучения, обеспечивающие согласованность генерации последовательности образовательных воздействий с личностными характеристиками (особенностями) всех субъектов обучения, а также позволяющим выявить причины затруднений в процессе формирования знаний.

Контур адаптации в ИОС системы АДО на основе блока параметрических КМ технологически реализуем при возможности генерации обучающих воздействий на основе КМ средства обучения согласованно с ЛХО, содержащимися в КМ субъекта обучения.

Соответственно параметрическая КМ непосредственно дифференцируется на параметрическую КМ субъекта обучения (параметры, характеризующие ЛХО) и параметрическую КМ средства обучения (параметры, характеризующие потенциально возможные типы и виды генерируемых разнородных информационно-образовательных воздействий).

Параметрическая КМ субъекта обучения (рис. 6) концентрирует параметры физиологического, психологического и лингвистического портретов, характеризующие ЛХО.

Параметрическая КМ средства обучения (рис. 7) содержит параметры, характеризующие потенциально возможные типы, виды и особенности генерируемых разнородных информационно-образовательных воздействий.

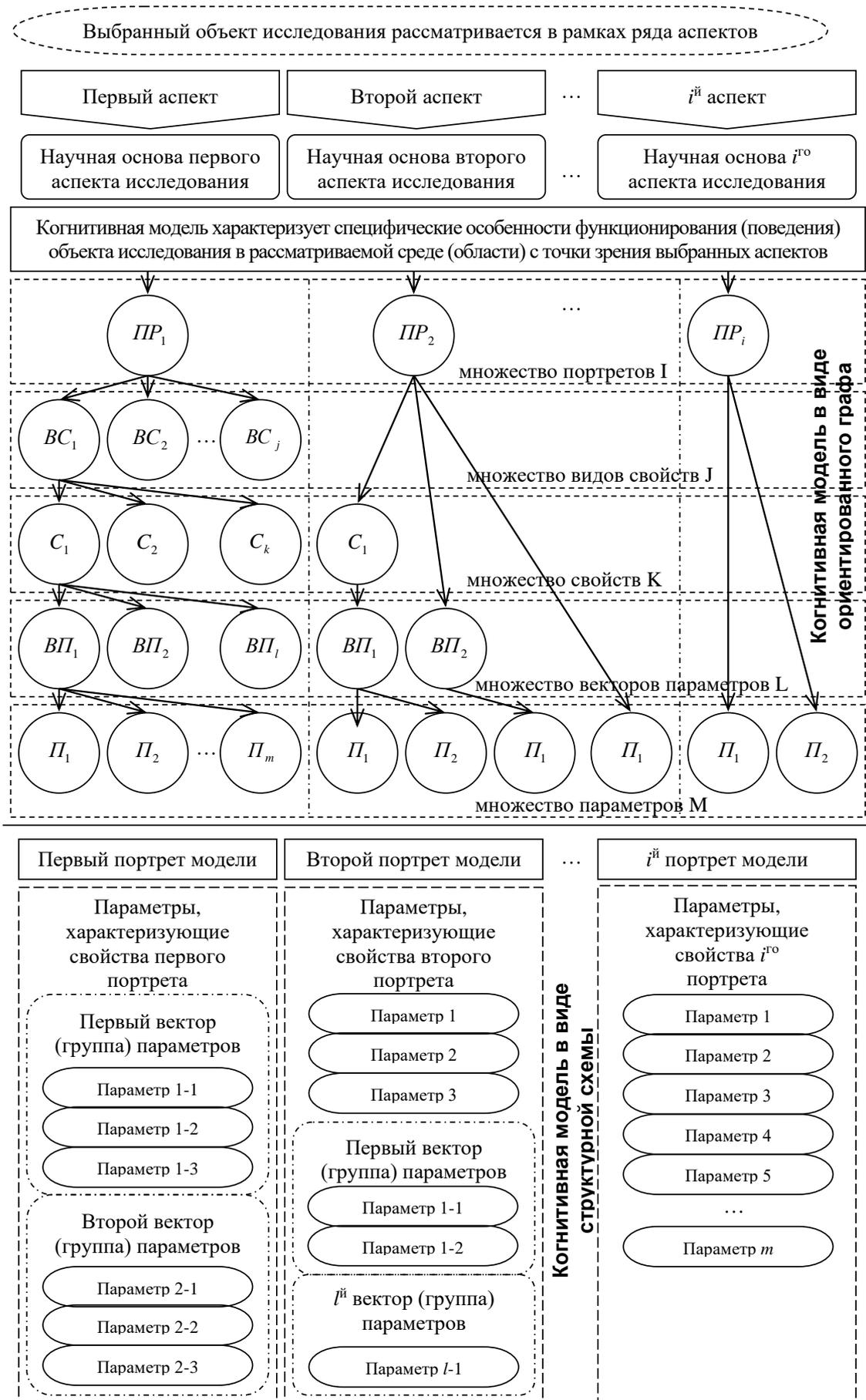


Рис. 5. Основа для формирования структуры параметрической когнитивной модели, представленная в виде ориентированного графа (вверху) и структурной схемы (внизу)



Рис. 6. Параметрическая когнитивная модель субъекта обучения



Рис. 7. Параметрическая когнитивная модель средства обучения

Для автоматизации задач исследования векторов параметров в составе портретов параметрической КМ субъекта обучения использовался программный инструментарий, разработанный непосредственно на базе архитектуры экспертной системы и содержащий в основе базы данных (знаний) совокупность прикладных методов исследования (тестов) на научной основе частной физиологии сенсорных систем, когнитивной психологии и лингвистики.

Оценка эффективности внедрения научных результатов исследования производилась с использованием общепринятых показателей эффективности (результативности) ИОС системы АДО:

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

Коэффициенты непосредственно соответственно обозначают абсолютный, сравнительный и относительный показатели эффективности, а результаты статистической обработки апостериорных данных серии разнородных автоматизированных экспериментов обобщены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты статистической обработки данных эксперимента

Наименование показателя	Номер экспериментальной группы испытуемых							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Эксперимент №1 (без использования ТКМ)								
Средний балл Y <sub>1</sub>	3,850	3,414	3,224	3,678	4,036	3,643	3,790	3,645
СКО ср. балла	0,867	0,178	1,958	0,879	0,577	0,783	1,679	1,047
Эксперимент №2 (с использованием ТКМ, личностная адаптация)								
Средний балл Y <sub>2</sub>	4,041	3,674	3,357	3,786	4,157	3,853	3,821	3,743
СКО ср. балла	0,723	0,127	1,743	0,743	0,446	0,654	1,538	0,986
Результаты исследования								
K <sub>1</sub>	0,191	0,26	0,133	0,108	0,121	0,21	0,031	0,098
K <sub>2</sub>	1,049	1,076	1,041	1,029	1,029	1,057	1,008	1,026
K <sub>3</sub>	0,049	0,076	0,041	0,029	0,029	0,057	0,008	0,027
Изменение СКО	-0,144	-0,051	-0,215	-0,136	-0,131	-0,129	-0,141	-0,061

Предложенный подход позволяет реализовать дополнительный контур адаптации на основе инновационного блока параметрических когнитивных моделей, а также провести системный анализ эффективности функционирования ИОС системы АДО.

## Список литературы

1. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. – М.: «Адепт», 1998.
2. Башмаков А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: «Филин», 2003.
3. Ершов А.П. Концепция использования средств вычислительной техники в сфере образования (информатизация образования). – Новосибирск: Препринт «ВЦ СО РАН» «АН СССР», 1990.
4. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: «Наука», 1991.
5. Каймин В.А. Технология разработки учебных программных средств. – М.: «ИНФО», 1987.
6. Кашицин В.П. Системы дистанционного обучения: модели и технологии // Проблемы информатизации. – 1996.
7. Кроль В.М. Психо-физиологические аспекты разработки визуального пользовательского интерфейса нового поколения // Пользовательский интерфейс: исследование, проектирование, реализация, 1993, №3.
8. Лобанов Ю.И. Подготовка информации для автоматизированных обучающих систем. – М.: «ВШ», 1986.
9. Семенов В.В. Компьютерные технологии в дистанционном обучении. – М.: «НИИ ВО», 1997.
10. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. – М.: «Наука», 1997.