

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*

**Ветров Анатолий Николаевич**

**СРЕДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ  
СО СВОЙСТВАМИ АДАПТАЦИИ  
НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ**

Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»  
(по прикладной математике и процессам управления)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук, профессор  
Квитко Александр Николаевич

г. Санкт-Петербург  
2019 г.

УДК 681.513.66+004.81  
ББК 32.965-01(09)+22.18  
В-39

Научный руководитель –  
профессор кафедры «Информационных систем»  
«Санкт-Петербургского государственного университета»,  
член «Американского математического общества»,  
доктор физико-математических наук, профессор  
Квитко Александр Николаевич.

Рецензенты:

начальник кафедры «Систем и средств автоматизации управления»  
«Военно-морского института радиоэлектроники имени А.С. Попова»,  
доктор технических наук, доцент, капитан 1<sup>го</sup> ранга  
Филиппов Павел Васильевич;  
старший помощник начальника «Научно-исследовательского и редакционного отдела»  
«Военно-морского института радиоэлектроники имени А.С. Попова»,  
кандидат технических наук, доцент, капитан 2<sup>го</sup> ранга  
Кусов Евгений Владимирович.

В-39 Ветров А.Н. Среда автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей: диссертация (техн., физ.-мат. и мед. науки) (спец. 05.13.01, 05.13.10, 19.00.02 (19.00.03)) / А.Н. Ветров; «С.-Петербургск.гос.ун-т». – СПб.: «СПбГЭТУ "ЛЭТИ"», 2005, М.: «РАО», 2007, СПб: «СПбГУ», 2019. – 272 с.: 79 ил., 29 табл. – Библиогр. 35 (85) назв. – Рус. – Деп. в «РАО», 2007.

В диссертации отражены проблематика, актуальность и теоретические основы создания информационно-образовательных сред и эксплуатации систем автоматизированного обучения на расстоянии, содержащих адаптивные интеллектуальные средства обучения нового поколения, выявлены факторы, существенно влияющие на повышение эффективности формирования знаний контингента обучаемых.

Предметом исследования выступает структура системы автоматизированного (дистанционного) обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей, а также принципы и алгоритмы функционирования ее компонентов.

Представлены модификации в организации и технологии автоматизированного обучения для создания контура адаптации на основе блока параметрических когнитивных моделей, который позволяет реализовать индивидуально-ориентированное формирование знаний контингента обучаемых с учетом уровня их остаточных знаний и физиологических, психологических и лингвистических особенностей.

Создана технология когнитивного моделирования, включающая методику ее использования, способы (модели) представления структуры когнитивной модели, алгоритм формирования структуры когнитивной модели, методики исследования параметров когнитивных моделей и алгоритм обработки апостериорных данных тестирования.

Сформированы структуры когнитивных моделей субъекта обучения и средства обучения, находящиеся в основе блока параметрических когнитивных моделей.

Разработан комплекс программ для автоматизации задач исследования, который включает адаптивный электронный учебник и диагностические модули.

Предназначена для ученых и сотрудников НИИ, преподавателей технических ВУЗов и студентов специальностей: 071900 – «Информационные системы в технике и технологиях», 210100 – «Управление и информатика в технических системах».

на правах рукописи

© Ветров А.Н. («СПбГЭТУ "ЛЭТИ"»), 2005 г.  
© Ветров А.Н. («РАО»), 2007 г.  
© Ветров А.Н. («СПбГУ»), 2019 г.

## Содержание

Перечень определений.....	6
Перечень сокращений и условных обозначений .....	7
Введение .....	8
1. Состояние проблемы создания адаптивных интеллектуальных сред обучения .	9
1.1. Актуальность создания адаптивных интеллектуальных средств и сред автоматизированного обучения .....	10
1.2. Анализ состояния проблемы и существующие противоречия .	11
1.3. Степень разработанности проблемы создания адаптивных интеллектуальных технологий и средств обучения .....	15
1.4. Цель и задачи создания адаптивной информационно-образовательной среды системы автоматизированного обучения на основе когнитивных моделей..	18
1.5. Этапы создания и анализа среды автоматизированного обучения на основе когнитивных моделей .....	20
1.6. Перечень полученных научных результатов .....	26
2. Анализ информационных технологий и теоретические основы создания информационно-образовательных сред и автоматизированных средств обучения .	30
2.1. Современные стандарты в области качества информационно-образовательной среды..	31
2.2. Приоритетные аспекты и направления информатизации .....	33
2.3. Основные принципы автоматизированного обучения .....	34
2.4. Этапы развития автоматизированных средств и сред обучения .	37
2.5. Особенности организации информационно-образовательной среды автоматизированного обучения на расстоянии .....	38
2.5.1. Отличительные особенности информационно-образовательной среды системы автоматизированного обучения .....	41
2.5.2. Субъекты информационно-образовательной среды автоматизированного обучения .....	48
2.5.3. Компоненты, средства и технологии в основе информационно-образовательной среды автоматизированного обучения .....	52
2.5.4. Модели и технологии организации взаимодействия субъектов и автоматизированных средств обучения .....	59
2.6. Сравнительная характеристика возможностей систем автоматизированного обучения .....	60
2.7. Основные параметры оценки современных средств обучения и развитие их функциональных возможностей .....	61
2.8. Особенности информационного взаимодействия субъектов и средств обучения в автоматизированной образовательной среде .....	66
2.9. Факторы влияющие на эффективность формирования знаний обучаемых в автоматизированной образовательной среде .	70
2.10. Влияние компонентов системы автоматизированного обучения на здоровье потребителей .....	71

3. Среда автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей .....	74
3.1. Сущность подхода к комплексному решению проблемы и постановка задач исследования .....	75
3.2. Модификации в организации информационно-образовательной среды для реализации учета индивидуальных особенностей контингента обучаемых..	77
3.3. Модификации в технологии автоматизированного обучения для реализации контура адаптации на основе когнитивных моделей..	78
3.4. Структура среды автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей .....	79
3.4.1. Назначение и функции адаптивного электронного учебника...	81
3.4.2. Назначение и функции основного диагностического модуля ..	84
3.4.3. Назначение и функции прикладного диагностического модуля ...	86
3.4.4. Назначение и состав блока параметрических когнитивных моделей ...	87
3.5. Обработка и извлечение информации, структурирование данных и представление знаний для наполнения электронного учебника..	88
3.5.1. Классификация источников информации .....	92
3.5.2. Методы получения знаний по предметной области .....	94
3.5.3. Основные модели представления знаний .....	97
3.5.4. Информационная структура электронного учебника .....	98
3.5.5. Последовательность наполнения контента электронного учебника структурированной информацией .....	100
3.5.6. Особенности архитектуры адаптивного электронного учебника .....	103
3.5.7. Семантическая модель представления, сохранения и извлечения информации .....	105
3.6. Формальное описание адаптивной информационно-образовательной среды на основе теории управления .	108
3.6.1. Виды алгоритмов функционирования основных компонентов системы автоматизированного обучения .....	111
3.6.2. Особенности реализации адаптации в автоматизированной образовательной среде .....	116
3.6.3. Специфика алгоритма обучения с моделью обучаемого .	121
3.6.4. Оценка параметров (когнитивной) модели .....	125

4. Технология когнитивного моделирования для системного анализа информационно-образовательной среды .....	130
4.1. Итеративный цикл технологии когнитивного моделирования .	131
4.2. Методика использования технологии когнитивного моделирования..	133
4.3. Способы представления структуры когнитивной модели .....	136
4.4. Алгоритм формирования структуры когнитивной модели .....	138
4.5. Методика исследования параметров когнитивной модели субъекта обучения .	145
4.6. Методика исследования параметров когнитивной модели средства обучения .	147
4.7. Алгоритм обработки апостериорных данных тестирования .....	150
5. Блок параметрических когнитивных моделей для анализа и повышения эффективности функционирования автоматизированной образовательной среды .....	154
5.1. Структура когнитивной модели субъекта обучения .....	159
5.2. Структура когнитивной модели средства обучения .....	168
6. Комплекс программного обеспечения для автоматизации задач исследования .....	173
6.1. Комплекс программ для автоматизации задач исследования..	175
6.2. Адаптивный электронный учебник .....	178
6.3. Основной диагностический модуль .....	188
6.4. Прикладной диагностический модуль .....	194
7. Статистическое обоснование практического использования полученных результатов .....	206
7.1. Факторы влияющие на эффективность формирования знаний обучаемого в автоматизированной образовательной среде .....	208
7.2. Особенности организации и план проведения эксперимента..	210
7.3. Особенности исследования параметров физиологического портрета когнитивных моделей субъекта и средства обучения .....	213
7.4. Особенности исследования параметров психологического портрета когнитивных моделей субъекта и средства обучения .....	221
7.5. Особенности исследования параметров лингвистического портрета когнитивных моделей субъекта и средства обучения .....	233
7.6. Специфика предварительной обработки апостериорных результатов диагностики..	240
7.7. Особенности выбора методов статистического анализа сформированных выборок .	242
7.8. Анализ динамики результативности обучения за несколько лет..	243
7.9. Результаты регрессионного анализа .....	248
7.10. Результаты дискриминантного анализа .....	250
Заключение .....	252
Библиографический раздел .....	253