

На правах рукописи



Матвеев Алексей Вадимович

**АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ
НАУЧНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
НА ОСНОВЕ ТЕЗАУРУСНОЙ СИСТЕМЫ ЗНАНИЙ**

05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(образование)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2009

Работа выполнена в Учреждении Российской академии образования «Институт информатизации образования», в лаборатории проблем информатизации профессионального образования

Научный руководитель: доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор
Козлов Олег Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Бубнов Владимир Алексеевич
доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор
Ин Александр Харитонович

Ведущая организация: **ГОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления»**

Защита состоится «25» сентября 2009 г. в 14 ч. на заседании диссертационного совета ДМ008.004.02 при Учреждении Российской академии образования «Институт информатизации образования» по адресу: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения Российской академии образования «Институт информатизации образования», автореферат размещен на сайте <http://www.iiorao.ru>

Автореферат разослан «24» августа 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор педагогических наук,
кандидат технических наук, профессор



О.А. Козлов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В условиях постиндустриального общества с усилением процессов глобализации и интеграции возрастают требования к качеству высшего профессионального образования. Новая парадигма образования «образование через всю жизнь» выражает социальный заказ общества на мобильный, быстро адаптирующийся к перманентным изменениям на рынке труда человеческий капитал, способный осваивать и создавать новые высокие технологии.

Последнее невозможно без опоры высшего профессионального образования на инновационные, наукоемкие образовательные технологии. Сегодня невозможно получение требуемого от вуза конечного результата – профессиональной компетентности выпускников – без раннего привлечения студентов к исследовательской деятельности.

В связи с переходом к многоуровневому высшему образованию (бакалавр – специалист – магистр) масштабы научных исследований в вузе возрастают. В условиях интенсивной информатизации всех сфер общественной деятельности требуются новые подходы к технологиям научных исследований.

Разработка современных автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) становится одним из приоритетных направлений в обслуживании научной деятельности вообще и, особенно, в обеспечение качества научных исследований в вузе. Общие подходы к построению и функционированию автоматизированных систем рассмотрены в работах Денисова А.А., Кукушкина А.А., Мартина Д., Мясникова В.А., Титоренко Г.А., Якубайтис Э.А. и др. Проблемы разработки автоматизированных систем в вузе освещены в работах Баданова А.Г., Берегового В.И., Богдановой С.В., Богомолова А.В., Ваграменко Я.А., Данилюка С.Г., Каракозова С.Д., Лысогорского В.С., Павлова А.А., Романенко Ю.А., Царькова А.Н. и др.

Выявление новых эффектов становится возможным благодаря повышенным требованиям к временным, точностным характеристикам систем, способности их функционирования в реальном масштабе времени, многоканальности и т.п., что достигается как за счет использования современных аппаратных и программных средств автоматизации, так и за счет их грамотной системной интеграции и применения.

Получение необходимых результатов исследований требует функционирования АСНИ на пределе своих возможностей. Для достижения этих целей разработчикам систем необходимо принимать целый комплекс решений высокого качества, что становится возможным только при наличии у них широчайшего круга знаний, практического опыта и умения систематизировать и структурировать возникающие проблемы, на каких бы уровнях это не происходило. Сочетание этих качеств в творческом многопрофильном коллективе (предметники, электроники, программисты, механики и т.д.) зачастую достаточно проблематично и, в конечном итоге, приводит к возникновению проблемной ситуации. Одно из возможных решений выхода из неё - создание системы интеллектуально-информационной поддержки принятия решений при разработке автоматизированных систем, которая включает в себя развитие методологических основ организации и планирования научных исследований, разработку методик анализа объектов автоматизации, развитие методов анализа и синтеза структур автоматизи-

зированных систем, обеспечивающих различные режимы их функционирования, разработку формализованных процедур выполнения работ.

При этом под научной работой студентов в рамках данной работы понимается как создание АСНИ, так и их применение в физическом эксперименте.

На основе вышесказанного можно сформулировать противоречие: с одной стороны, гипотетически возможно и реально необходимо создание информационных средств поддержки принятия решений при разработке АСНИ в условиях вуза, с другой стороны, существующие средства автоматизации разработки АСНИ, не обладая свойствами интеллектуальности, не позволяют создавать необходимые системы силами многопрофильного коллектива разработчиков – сотрудников и студентов вуза.

Таким образом, можно сделать вывод об актуальности темы диссертационного исследования, которое посвящено решению **научной задачи** создания информационных средств поддержки принятия решений при разработке АСНИ в условиях вуза.

Объект исследования – процесс автоматизации научной работы студентов по проведению экспериментов в лабораторных условиях в вузе.

Предмет исследования – тезаурусная система знаний как интеллектуальное средство автоматизации разработки АСНИ для вуза и процесс формирования на ее основе систем с повышенными требованиями к временным и точностным характеристикам.

Цель исследования – разработка алгоритмического обеспечения автоматизации научной работы студентов: тезаурусной системы знаний, системы поддержки принятия решений в ее составе, и, на их основе, АСНИ с повышенными требованиями к временным и точностным характеристикам для различных вузов.

Задачи исследования

1. На основе анализа научно-методических информационных источников выявить аналоги и прототип средств автоматизации разработки АСНИ, на концептуальном уровне определить специфику их применения в условиях вуза.

2. Сформировать элементы тезаурусной системы знаний, в частности, создать тезаурус предметной области и осуществить его наполнение, формализовать знания предметной области с помощью моделей представления знаний.

3. Определить пространство решений, разработать метод поиска в нем и, в конечном итоге, создать алгоритмическое обеспечение логического вывода для интеллектуализации решения задач построения АСНИ.

4. Разработать алгоритмическое обеспечение экспертной системы (системы поддержки принятия решений), создать ее демонстрационный вариант, позволяющей решать ряд типовых задач при создании АСНИ.

5. В целях экспериментальной проверки эффективности применения интеллектуальных средств разработать АСНИ в области медицины и высокотемпературной электрохимии с помощью предложенной тезаурусной системы знаний.

Методологические основы и методы исследования

В качестве основы выполнения поставленных задач были выбраны методы системотехники и системологии, инструментарий и методология системной интеграции, активно разрабатываемые в последнее время и приобретающие вид самостоятельной научной дисциплины, современных информационных технологий, теории принятия решений и построения экспертных систем, метод экспер-

ных оценок, экспериментальная проверка выдвинутых положений с использованием оригинальных программных средств, разработанных автором.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования

1. Разработана иерархическая структурно-функциональная модель процесса функционирования АСНИ, которая, в отличие от известных моделей функционирования автоматизированных систем, позволяет не только применять данную модель в учебном процессе и на ранних стадиях разработки систем в качестве формализованного метода построения АСНИ, но и осуществить качественный выбор структуры системы, а также определить отношения между элементами тезауруса, включая отношения структуризации, семантические и причинно-следственные.

2. Разработана авторская методика формирования весовых коэффициентов потенциально эффективных продукционных правил блока логического вывода, которая позволяет алгоритмизировать интеллектуализацию решения задач построения АСНИ - выявлять вероятность успешности решения задачи формирования АСНИ с заданными характеристиками в результате срабатывания тех или иных продукционных правил с учетом сформированных частичных решений.

3. Создан демонстрационный вариант экспертной системы поддержки принятия решений в области формирования АСНИ для вуза, позволяющий использовать разработанные интеллектуальные средства тезаурусной системы знаний для решения ряда типовых задач, и, на его основе, разработан ряд АСНИ для проведения экспериментов в области медицины и высокотемпературной электрохимии, в которых реализован новый технический результат, защищенный патентом на полезную модель.

Практическая значимость исследования

1. Предложен формализованный метод построения АСНИ с помощью тезаурусной системы знаний, позволяющий обеспечить научные школы вуза современным инструментарием с повышенными точностными и временными характеристиками.

2. Предложенная технология используется в реальном учебном процессе, обеспечивает расширение спектра решаемых студентами задач, повышает креативность, способствует развитию творческого мышления и способности использования нестандартных подходов при решении сложных задач.

3. На основе предложенной технологии разработана серия АСНИ с повышенными характеристиками производительность-стоимость, прошедших апробацию и доведенных до уровня внедрения для экспериментальных исследований в области физиотерапии и высокотемпературной электрохимии.

Этапы исследования

Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе (2001 – 2003 гг.) проводились сбор и анализ информации по средствам автоматизации разработки АСНИ, предназначенных для использования в высшем профессиональном образовании, был разработан тезаурус формирования АСНИ.

На втором этапе (2003 – 2005 гг.) выполнялось наполнение тезауруса формирования АСНИ формализованными знаниями, был создан демонстрационный вариант системы поддержки принятия решений, позволяющей использовать разработанные интеллектуальные средства тезаурусной системы знаний,

разрабатывались АСНИ для проведения экспериментов в области медицины и высокотемпературной электрохимии.

На третьем этапе (2006 – 2009 гг.) осуществлялась экспериментальная проверка эффективности предложенной технологии, систематизация и обобщение полученных результатов, проводился их количественный и качественный анализ, формулировались выводы, оформлялся текст автореферата и диссертации.

Апробация результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на международном научно-практическом семинаре «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах» (Нижний Новгород, 2001 г.), XXXV региональной молодежной школе-конференции «Проблемы теоретической и прикладной математики» (Екатеринбург, 2004 г.), международной конференции IASTED «Автоматизация, контроль и информационные технологии» (Новосибирск, 2002 г.), IV международной конференции «Моделирование и управление в сложных системах» (Самара, 2002 г.), V международной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и биологии» (Владимир, 2002 г.), X международной конференции IEEE «Цифровая обработка сигналов» (Пайн Маунтэйн, штат Джорджия, США, 2002 г.), XXI международной конференции «Математические методы в технике и технологиях» (Саратов, 2008 г.), II Межвузовской научно-методической конференции «Шуйская сессия студентов, аспирантов, молодых ученых» (Москва-Шуя, 2009 г.).

Внедрение результатов исследования

Результаты работы внедрены в следующие организации: Уральская государственная медицинская академия, научно-практический реабилитационный центр «БОНУМ», Институт физики металлов УрО РАН, Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Основные положения, выносимые на защиту:

- предложенная иерархическая структурно-функциональная модель процесса функционирования АСНИ в условиях вуза позволяет осуществить качественный, формализованный выбор структуры системы;
- разработанная методика расчета весовых коэффициентов потенциально эффективных продукционных правил блока логического вывода позволяет алгоритмизировать интеллектуализацию решения задач построения АСНИ;
- алгоритмическая модель функционирования системы логического вывода, реализованная в системе поддержки принятия решений, является основой создания нескольких автоматизированных систем для проведения научных исследований, требующих получения и аналитической обработки большого количества экспериментальных данных с повышенными точностными характеристиками в режиме реального времени.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Диссертация содержит 188 страниц машинописного текста, из них 129 страниц – основной текст, 30 рисунков, 4 таблицы, 3 приложения. Библиографический список содержит 122 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены

объект, предмет, цель исследований. Сформулирована научная проблема, основные направления и методология исследований. Кратко излагается содержание работы по главам.

В **первой главе** на основе анализа отечественной и зарубежной литературы по проблематике автоматизации научных исследований показано, что существующие АСНИ используются, в основном, в крупных научных центрах. Вузовская отечественная наука с такими системами практически не работает.

Имеющиеся АСНИ, не обладая свойствами многофункциональности и универсальности, мало пригодны для широкого использования в разнопрофильных вузах.

В связи с этим особое внимание в представленном обзоре уделено выявлению аналогов необходимых средств автоматизации разработки АСНИ, предложен компилятивный прототип (рис. 1), содержащий следующие основные элементы, распределенные на полях инструментариев, технологий, архитектур, методологий создания АСНИ:

1. Средства разработки алгоритмов функционирования АСНИ.
2. Средства визуализации процессов, протекающих на объекте исследования.
3. Средства анализа производительности АСНИ.
4. Специализированные программные протоколы, связывающие отдельные блоки АСНИ.
5. Базы данных аппаратных и программных средств построения АСНИ.
6. Инструкции по выбору аппаратных и программных средств для разработки АСНИ.

Для устранения недостатков прототипа, таких как отсутствие экспертных знаний, маршрутизатора, знаний на уровне АСНИ в целом, обоснована необходимость применения средств искусственного интеллекта и доказана целесообразность данного подхода. Показано, что при разработке АСНИ наиболее удобно и эффективно использовать тезаурусные системы знаний, одними из составных частей которых являются экспертные системы.

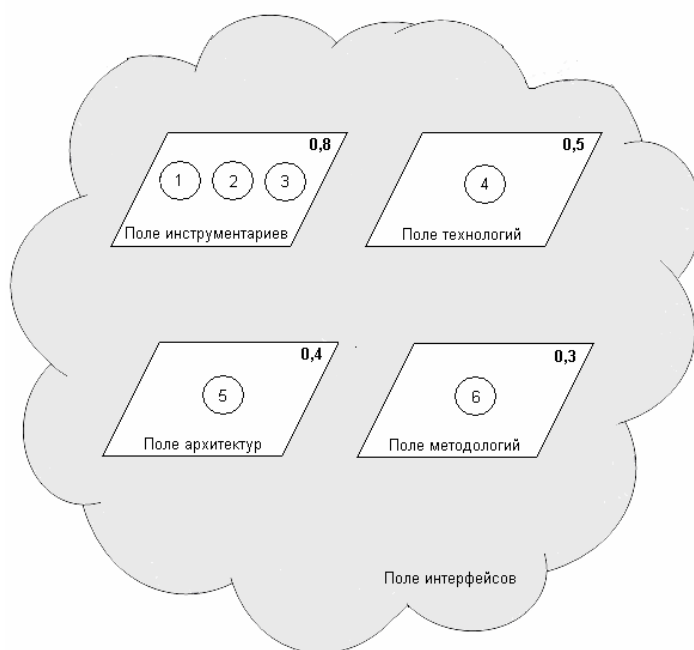


Рис. 1. Структура компилятивного прототипа средств автоматизации разработки АСНИ

Приведены этапы формирования современных экспертных систем, средства, способы реализации, их классификация. Указан жизненный цикл тезаурусной системы знаний, включающий этапы не только ее создания, но также функционирования, поддержки функционирования и др., на основании чего были сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Проведенный в данном разделе теоретический анализ проблемы исследования позволил выполнить постановку научной задачи диссертационной работы.

Во **второй главе** предложена модель пятиблочной структуры тезауруса формирования АСНИ (рис. 2). Сформированы отдельные элементы тезауруса, определяющие специфику АСНИ, а также наиболее важные моменты процесса их создания и функционирования.

Построена иерархическая структура тезауруса, определяющая множество основных понятий предметной области и отношения структуризации на этом множестве.

С помощью методологии структурного анализа и проектирования SADT, применяющейся, в основном, для моделирования бизнес-процессов, была разработана структурно-функциональная модель процесса функционирования АСНИ с достаточной степенью детализации, что позволило выявить специфику АСНИ, ее структуру, состав подсистем на верхних уровнях модели, а также указать тонкие моменты на декомпозируемых уровнях.

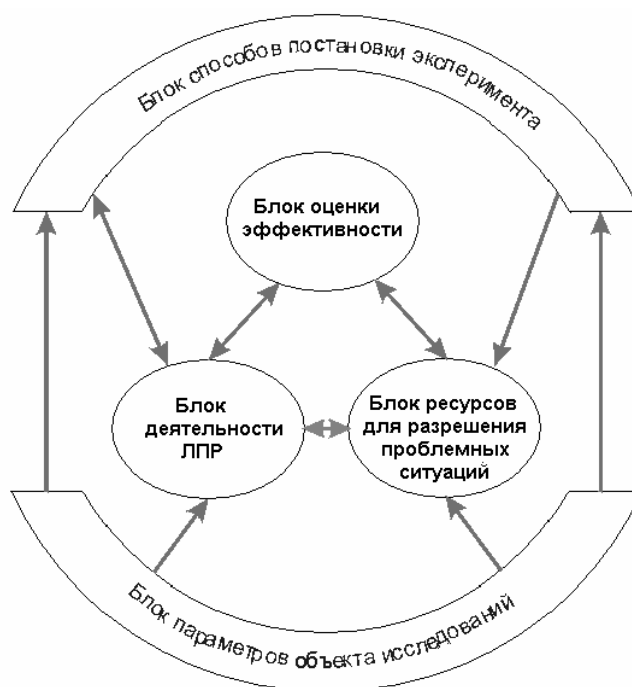


Рис. 2. Модель пятиблочной структуры тезауруса формирования АСНИ

Верхний уровень модели представлен на рис. 3. Данная модель, в отличие от известных моделей функционирования автоматизированных систем, позволяет не только применять ее в учебном процессе, а также на ранних стадиях разработки систем, но и определить отношения между элементами тезауруса, включая отношения структуризации, семантические и причинно-следственные отношения, а также показать успешность применения методологии SADT для моделирования процессов функционирования сложных технических систем.

Структурно-функциональная модель АСНИ имеет также важное практическое значение, и может быть использована не только в качестве базы для соз-

дания систем искусственного интеллекта в данной области, но и автономно, на ранних стадиях разработки АСНИ для выявления потоков данных в системе, их структурирования, решения проблем неучтенности каких-либо факторов.

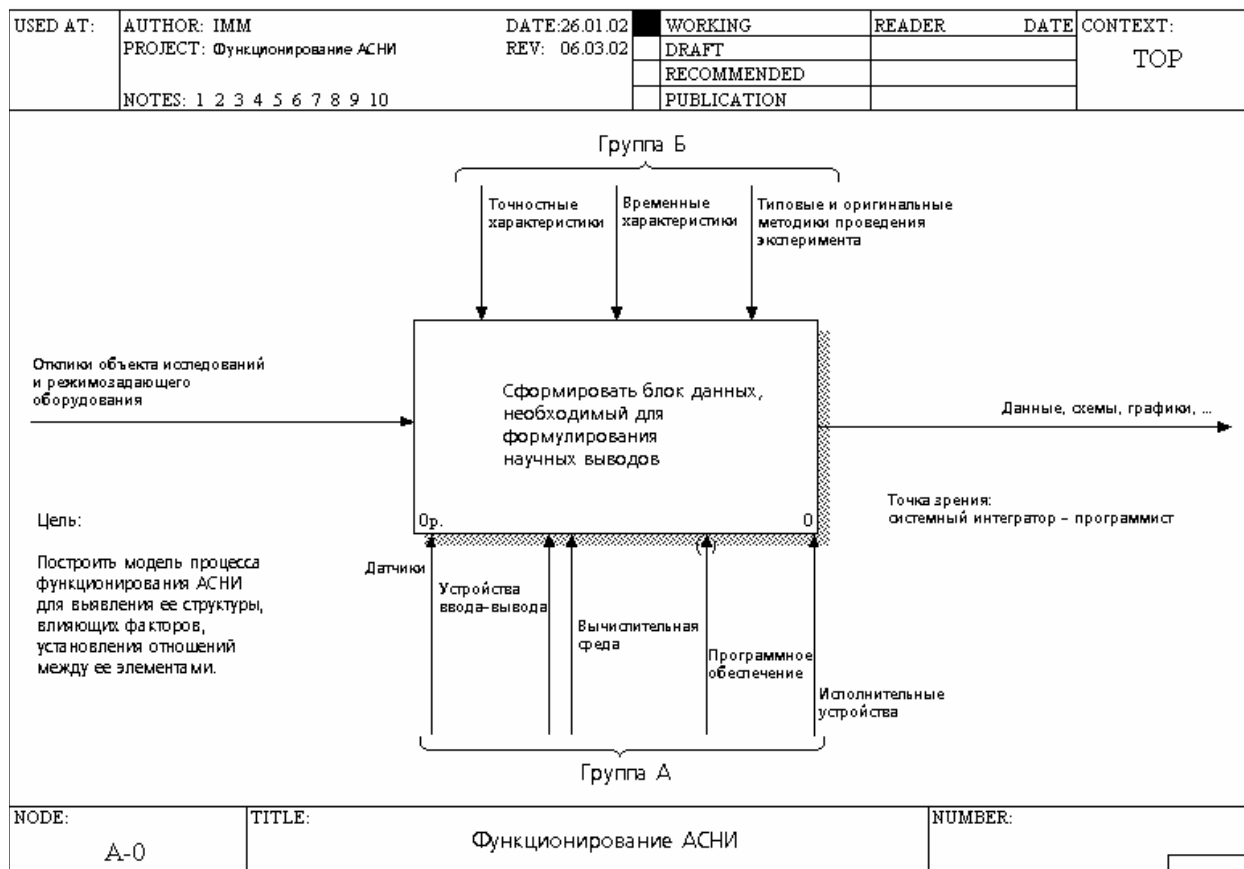


Рис. 3. Верхний уровень модели функционирования АСНИ

С помощью SADT-формализма была сформирована также общая структурная схема АСНИ, на которой наглядно изображено применение различных видов параллелизма и конвейеризации в каждой из подсистем АСНИ.

Было установлено, что ключевой подсистемой АСНИ, определяющей ее специфику и являющейся отправной точкой в процессе ее создания, является система управления входами. Для этой системы было определено общее пространство поиска решений, которое было разделено на ряд независимых подпространств. Доказано, что одним из наиболее эффективных методов поиска в этом пространстве является метод поиска в фиксированном множестве подпространств.

Определена размерность задачи формирования системы управления входами: $6 \cdot 10^8$. С помощью методологии системной интеграции и метода экспертных оценок определена рациональность выбора (РВ) решений в зависимости от размерности задачи:

$$PB = S' / S,$$

где S' – обоснованные решения по выбору конфигурации системы управления входами, S – все решения.

Очевидно, что рациональный выбор конфигурации как системы управления входами, так и АСНИ в целом, при такой зависимости практически невоз-

можен и переходит в плоскость заимствования решений, что лишний раз доказывает обоснованность формирования тезаурусной системы знаний.

С помощью матрицы связи между подпространствами была определена степень влияния одних подпространств на другие, и, исходя из этого, построен оптимальный путь поиска решений в подпространствах, позволяющий эффективно формировать интеллектуальную систему логического вывода: выбор основных характеристик устройств ввода-вывода, определение управляющих и вычислительных сред, выбор операционной системы, определение интерфейсов транспортировки данных, выбор способов обмена данными и определение дополнительных элементов устройств ввода-вывода.

В **третьей главе** на концептуальном уровне определены проблемы создания интеллектуальных средств поддержки разработки АСНИ, а также специфика их применения в условиях вуза: подсказывающие, направляющие и объясняющие инструменты, имитирующие последовательность действий специалиста по созданию АСНИ. Определена структура входной и выходной информации.

Создан демонстрационный вариант системы поддержки принятия решений в области формирования АСНИ. Для достижения этой цели была сформирована система продукционных правил, содержащих причинную, следственную части, номер подпространства, в котором они могут быть применены, а также весовые функции в зависимости от выбранного критерия: на основе вероятности дальнейшей успешной реализации АСНИ или оценочной стоимости (таблица 1).

Система продукционных правил реализует заложенную концепцию: сводит к минимуму автоматический логический вывод, предоставляя пользователю право выбора дальнейших вариантов решений из нескольких потенциально возможных. Тем не менее, система позволяет упорядочить предложенные варианты дальнейших решений в соответствии со строго рассчитанной вероятностью их дальнейшей реализации.

Для этих целей была разработана методика расчета весовых коэффициентов потенциально эффективных продукционных правил. Она заключается в следующем:

На этапе наполнения базы знаний методом экспертных оценок формируется массив вероятностей дальнейшей успешной реализации АСНИ при срабатывании продукционного правила с учетом заданных условий при некоторых значениях зависимых числовых параметров.

Далее происходит аппроксимация массива вероятностей функциями. Экспериментально было установлено, что хорошие результаты дает аппроксимация функциями, моделирующими законы распределения вида:

$$f_1(x) = a_1 + \frac{a_2}{x + a_3} \quad \text{и} \quad f_2(x) = a_1 + \frac{a_2}{\sqrt{x + a_3}},$$

где a_1, a_2, a_3 – коэффициенты.

Для вычисления данных коэффициентов была создана вспомогательная программа. При некоторых фиксированных коэффициентах a_3 методом наименьших квадратов (МНК) вычисляются оценки коэффициентов a_1 и a_2 , минимизирующие функцию

$$Q(a_1, a_2) = \sum_{i=1}^n [y_i - f_k(x_i; a_1, a_2)]^2,$$

где n – объем выборки, y_i – элемент выборки, $f_k(x; a_1, a_2)$ – аппроксимирующая функция, $k = 1, 2$.

Таблица 1

Примеры продукционных правил демонстрационного варианта системы поддержки принятия решений

№ уровня	Условие	Следствия	Вероятность реализации (%)	Коэф. стоимости
2.	Система жесткого РВ, $t < 3 \cdot 10^{-5}$.	Устройство управления находится на УВВ.	90	400
2.	Система жесткого РВ, $t \geq 3 \cdot 10^{-5}$.	Устройство управления – ЦП.	$94 - \frac{1475}{10^6 \cdot t - 13}$	300
2.	Система мягкого РВ, $t < 10^{-5}$.	Устройство управления находится на УВВ.	90	400
2.	Система мягкого РВ, $t \geq 10^{-5}$.	Устройство управления – ЦП.	$98 - \frac{307}{\sqrt{10^6 \cdot t + 1}}$	300
2.	Система не является системой РВ, $t < 2 \cdot 10^{-6}$.	Устройство управления находится на УВВ.	90	400
2.	Система не является системой РВ, $t \geq 2 \cdot 10^{-6}$.	Устройство управления – ЦП.	$88 - \frac{164}{\sqrt{10^6 \cdot t + 1}}$	300
3.	Устройство управления находится на УВВ.	Интерфейс любой.	90	300
3.	Устройство управления – ЦП, $t \leq \frac{n+3}{66 \cdot 10^6}$	Тупик. Требуется возврат на предыдущий уровень. Ни один из предложенных интерфейсов не позволит ввести в ВС указанный блок данных за требуемое время. Попробуйте использовать устройство управления на УВВ.	90	300
3.	Устройство управления – ЦП, $\frac{n+3}{66 \cdot 10^6} < t \leq \frac{n+3}{33 \cdot 10^6}$	Интерфейс РСІ(32,66).	$30 \cdot \left(\frac{66 \cdot t \cdot 10^6}{(n+3)} - 1 \right)$	250

Искомые МНК-оценки \tilde{a}_1 и \tilde{a}_2 являются решениями нормальной системы уравнений

$$\frac{\partial}{\partial a_i} Q(a_1, a_2) = 0, \quad i = 1, 2.$$

Так как в предложенной модели естественно считать, что ошибки наблюдений ε_i имеют нулевые математические ожидания, равные дисперсии σ_ε^2 и не коррелированы, то по теореме Гаусса-Маркова МНК-оценки независимо от объема выборки и при любом законе распределения ошибок наблюдений являются несмещенными, то есть

$$M[\tilde{a}_i] = a_i,$$

и имеют минимальные дисперсии.

Окончательно выбирается функция $f_k(x; a_1, a_2)$, обеспечивающая наименьшее значение величины $Q(a_1, a_2)$.

Если усилить предположение об ошибках наблюдений условием нормальности их распределения, тогда становится возможным контролировать доверительные интервалы для дисперсии ошибок наблюдений через квантили распределения χ^2

$$\frac{(n-2)\tilde{\sigma}_\varepsilon^2}{\chi_{1-\alpha/2}^2(n-2)} < \sigma_\varepsilon^2 < \frac{(n-2)\tilde{\sigma}_\varepsilon^2}{\chi_{\alpha/2}^2(n-2)},$$

здесь $\tilde{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [y_i - \bar{y}]^2$ – исправленная выборочная дисперсия, \bar{y} – выборочное среднее случайной величины y .

Так как значения $\frac{1}{n-1} Q(a_1, a_2)$ попадали в доверительный интервал уровня значимости $\alpha \leq 0,05$, выбор аппроксимирующей функции $f_k(x; a_1, a_2)$ приобретает дополнительное обоснование.

Для реализации блока логического вывода системы поддержки принятия решений была разработана математическая модель на основе продукционной и фреймовой моделей представления знаний (рис.4).

Обозначим N – количество подпространств в общем пространстве возможных решений, X – множество элементов следующего типа: в X содержатся как целевые элементы логического вывода, такие как операционная система, интерфейс и др., так и вспомогательные элементы, необходимые для функционирования логического вывода. U – множество логических элементов – индикаторов утвержденности, принимающих значения 0 или 1: $\forall x \in X \exists! u \in U \ \& \ |X| = |U|$. Обозначим функцию взаимно однозначного соответствия F , таким образом, $\forall x \in X \exists! u \in U : f(x) = u$.

После определения входных данных задачи имеем: $\forall u \in U : u = 0$.

В каждом подпространстве $n : 1 \leq n \leq N$ утверждается определенное количество элементов, образующих подмножество $X_n \subseteq X$. Признаком утвержденности является переход в 1 соответствующих логических элементов: $\forall x \in X_n : F(x) = 1$. При этом

$$\bigcap_{n=1}^N X_n = 0, \quad \bigcup_{n=1}^N X_n = X.$$

В каждом подпространстве работает определенное количество продукций, в условии которых участвуют как элементы из множества X , так и элементы из множества U . Результатом срабатывания продукции является изменение значений элементов множеств X и U .

Пусть X_n, U_n – множества значений элементов множеств X, U в подпространстве n . Тогда $\forall n: 1 \leq n \leq N \exists K: \forall k: 1 \leq k \leq K \exists P_{nk} : (X_n, U_n) = P_{nk}(X, U)$.

Указанные продукции P_{nk} являются недетерминированными, то есть изменение (X_n, U_n) может произойти, а может и нет. Каждой продукции P_{nk} приписана весовая функция R_{nk} в соответствии с критерием выбора продукции на уровне n K_n :

$$R_{nk}(P_{nk}, K_n, X) \in R, \text{ где } R - \text{множество действительных чисел.}$$

При этом весовая функция может быть константой.

Выделяются критерии на основе вероятности реализации, минимизации стоимости, критерий с учетом предпочтений пользователя.

Обязательным условием функционирования системы логического вывода является: в каждом подпространстве срабатывает единственная продукция (с максимальным значением весовой функции R_{nk} , или выбранная лицом, принимающим решения) или осуществляется переход на предыдущий уровень:

$$\forall n: 1 \leq n \leq N: \text{Если } \exists P_{nk} : (X_n, U_n) \neq (X_{n-1}, U_{n-1}), \text{ то } P_{nk} - \text{единственна.}$$

Условием выполнимости продукционной системы является:

$$\forall n: 1 \leq n \leq N, \forall u \in U_n \exists f \in P_{nk} : (u = f(U, X) \& f(U, X) = 1).$$

То есть решение можно найти, если все элементы множества X утверждены.

На основе математической модели была разработана алгоритмическая модель функционирования продукционной системы логического вывода (рис. 4), а также инструментальная оболочка.

Частично сформирована база данных аппаратных и программных средств реализации АСНИ с учетом требований системы поддержки принятия решений.

Тезаурусная система знаний, содержащая разработанный вариант системы поддержки принятия решений, тезаурус предметной области, модели функционирования АСНИ, может быть использована разработчиками АСНИ недостаточно высокой квалификации как эффективное средство поддержки принятия решений и повышения их качества. В развитие темы исследования возможно создание промышленного варианта системы поддержки принятия решений.

В четвертой главе показано, что созданные элементы тезаурусной системы знаний позволили при разработке конкретных АСНИ добиться лучших временных и точностных характеристик, большей производительности, снижения стоимости работ.

Так было создано несколько вариантов многофункциональной автоматизированной системы кулонометрического контроля для проведения экспериментов в области высокотемпературной электрохимии в зависимости от платформы

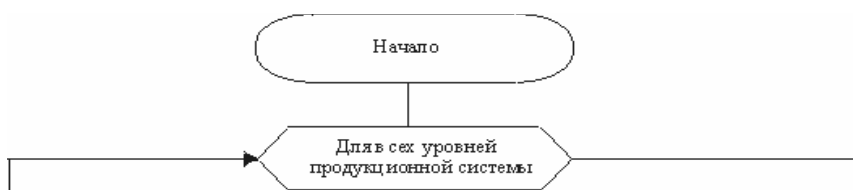


Рис. 4. Алгоритмическая модель функционирования
продукционной системы логического вывода

(типа операционной системы: Windows, Real-time Linux, плат ввода-вывода, наличия цифровых сигнальных процессоров на этих платах и т.п.), функционирующих в реальном масштабе времени в широком диапазоне (интервал между измерениями $(4 \cdot 10^{-7} - 1)$ с, время реакции системы на внешние события $(8 \cdot 10^{-7} - 6 \cdot 10^{-5})$ с).

Также был создан ряд экспериментальных установок для исследования физиологических процессов, протекающих в биологических объектах под действием импульсов электрического тока, и на их основе АСНИ для электротерапии. Применение двухуровневой системы управления, а именно, введение дополнительного блока высокоскоростного управления и контроля на базе цифровых сигнальных процессоров ADSP-2186 (рис. 5), позволило получить новый технический результат, защищенный патентом на полезную модель: реализация в АСНИ быстродействующего генератора импульсной последовательности и быстродействующей обратной связи (время реакции от 10^{-5} с), удовлетворяющей требованиям современных задач медицины, обеспечивающей возможность кон-

троля параметров объекта и автоматической коррекции импульсной последовательности в зависимости от этих параметров в режиме реального времени.

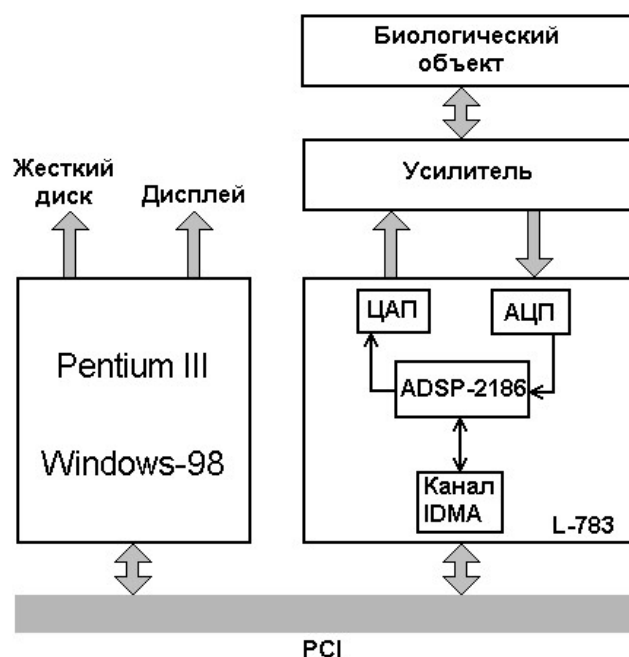


Рис. 5. Структурная схема автоматизированной системы медицинских исследований

Применение данных комплексов в медицинской практике и научных исследованиях привело к выявлению новых эффектов, свойственных биологическим объектам, таких как овершут и гистерезис; обеспечило разработку новых методов диагностики (метод высокоскоростной хронаксии, графический итерационный метод), применение которых в медицинской практике существенно повышает качество лечения и снижает его сроки.

Применение нескольких групп АСНИ (АСНИ кулонометрического контроля, АСНИ электроимпульсных возбуждений биологических объектов) в учебном процессе ряда вузов, позволило познакомить студентов с современным уровнем научных проблем в ряде областей, освоить методологию современного численного эксперимента, принять участие под руководством ведущих ученых в анализе полученных результатов, выявлении новых эффектов и, в то же время, проявить способность и готовность к совершенствованию использованных АСНИ на уровне программирования.

Методика организации исследовательской работы студентов способствовала формированию целого спектра профессиональных компетенций: способность участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований, способность обосновать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений, готовность использовать математические методы обработки, анализа и синтеза профессиональных исследований, умение оформлять полученные рабочие результаты в виде презентаций, научно-технических отчетов, статей и докладов на научно-технических конференциях.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В диссертации на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований предложены элементы тезаурусной системы знаний и методы

ее применения в процессе формирования АСНИ в условиях вуза, а также несколько конкретных АСНИ, разработанных с помощью данной методологии.

Основные научные результаты заключаются в следующем:

1. В результате анализа научно-методических информационных источников выявлены аналоги, предложен прототип средств автоматизации разработки АСНИ, предназначенных для использования в высшем профессиональном образовании, указаны и устранены большинство его недостатков, на концептуальном уровне определена специфика применения интеллектуальных средств поддержки разработки АСНИ в условиях вуза: подсказывающие, направляющие и объясняющие инструменты, имитирующие последовательность действий специалиста по созданию АСНИ.

2. Создан тезаурус формирования АСНИ, в достаточно большом объеме произведено его наполнение формализованными знаниями.

Построена иерархическая структура тезауруса, определяющая множество основных понятий предметной области и отношения структуризации на этом множестве.

С помощью методологии структурного анализа и проектирования разработана структурно-функциональная модель процесса функционирования АСНИ, что позволило выявить специфику АСНИ, ее структуру, состав подсистем, выработать концепцию построения АСНИ, определить семантические отношения между элементами тезауруса. Показано, что данная модель может быть применена в качестве формализованного метода построения АСНИ, для осуществления качественного выбора структуры системы.

Для реализации логического вывода была разработана математическая модель с помощью продукционной и фреймовой моделей представления знаний, и на ее основе алгоритмическая модель.

Указанные средства позволяют существенно повысить качество принимаемых решений, что влечет к лучшим показателям производительности-стоимости АСНИ, снижению сложности систем, сокращению времени их разработки.

3. Установлено, что ключевой подсистемой АСНИ, определяющей ее специфику и являющейся отправной точкой в процессе ее создания, является система управления входами. Для этой системы определено пространство поиска решений, разделенное на ряд независимых подпространств.

Предложен метод поиска решений: поиск в фиксированном множестве подпространств. С помощью матрицы связи между подпространствами определена степень влияния одних подпространств на другие, построен оптимальный путь поиска решений в подпространствах, позволяющий эффективно формировать интеллектуальную систему логического вывода: выбор основных характеристик устройства ввода-вывода, определение управляющих и вычислительных сред, выбор операционной системы, определение интерфейсов транспортировки данных, выбор способов обмена данными и определение дополнительных элементов устройств ввода-вывода.

Разработана авторская методика расчета весовых коэффициентов потенциально эффективных продукционных правил, которая позволяет алгоритмизировать интеллектуализацию решения задач построения АСНИ - выявлять вероятность успешности решения задачи формирования АСНИ с заданными харак-

теристиками в результате срабатывания тех или иных производственных правил с учетом сформированных частичных решений.

На основе данной методики создано алгоритмическое обеспечение логического вывода.

4. На основе тезауруса формирования АСНИ разработано алгоритмическое обеспечение экспертной системы поддержки принятия решений, в том числе сформирована система производственных правил, содержащих причинную, следственную части, номер подпространства, в котором они могут быть применены, а также весовые функции в зависимости от выбранного критерия: на основе вероятности реализации АСНИ или ее оценочной стоимости.

Создан демонстрационный вариант экспертной системы поддержки принятия решений, позволяющий использовать разработанные интеллектуальные средства тезаурусной системы знаний. Проведены многократные экспериментальные проверки функционирования системы при решении ряда типовых задач в процессе создания АСНИ, что показало высокую эффективность ее применения.

5. С помощью тезаурусной системы знаний реализовано несколько вариантов автоматизированных систем научных исследований, которые могут быть применены как в научных целях для исследования быстропротекающих процессов, так и в промышленных и полупромышленных целях как эффективное технологическое средство. В данных системах реализован новый технический результат, заключающийся в применении двухуровневой системы управления, что позволило реализовать быстродействующий генератор импульсной последовательности и быстродействующую обратную связь, характеристики которых удовлетворяют требованиям современных задач различных предметных областей: физики, химии, биологии, медицины и др.

6. Разработанные АСНИ успешно внедрены в исследовательскую деятельность ряда вузов и научных учреждений. Использование разработанных систем в учебном процессе позволило привлечь студентов старших курсов к участию в серьезных научных исследованиях с использованием автоматизированных систем, исключающих рутинную обработку экспериментальных данных, сосредоточиться на их анализе, получить ценные научные результаты в различных направлениях, мотивировать студентов на продолжение углубленных занятий научной деятельностью в прорывных областях химии, физики твердого тела, биологии.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА

Автором опубликовано более 20 работ общим объемом 5,8 п.л. – среди них:
Статьи, опубликованные в периодических изданиях, рекомендованных ВАК

1. Матвеев А.В. Современные средства аналогового и цифрового ввода-вывода [Текст] / М.Л. Гольдштейн, А.В. Матвеев // Датчики и системы. – 2004. – № 6. – С. 56-65.

2. Матвеев А.В. К вопросу о математическом моделировании состояний биологических объектов [Текст] / Т.А. Матвеева, А.В. Матвеев // Вестн. УГТУ-УПИ. – 2004. – № 11 (41). – С. 344-346.

3. Матвеев А.В. Автоматизированная система кулонометрического контроля [Текст] / М.Л. Гольдштейн, А.В. Матвеев // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – № 6. – С. 48-54.

Статьи в сборниках научных трудов

4. Матвеев А.В. Проблемы создания автоматизированных систем научных исследований для высших учебных заведений [Текст] / О.А. Козлов, А.В. Матвеев // В сб. трудов II Межвузовской научно-методической конференции «Шуйская сессия студентов, аспирантов, молодых ученых». – Москва-Шуя: Изд-во ГОУ ВПО ШГПУ, 2009. – С. 66-68.

5. Матвеев А.В. Моделирование процессов адаптации в биологических объектах [Текст] / А.В. Матвеев // Математические методы в технике и технологиях: Сб. трудов XXI Международной науч. конф., 27-31 мая 2008 г. – Саратов, 2008. – том 9. – С.101-103.

6. Матвеев А.В. Формирование элементов тезауруса разработки АСНИ [Текст] / О.Е.Александров, А.В. Матвеев // Инновационные и наукоемкие технологии в высшем образовании России: Межвузовский сборник научно-методических трудов.– МГУПИ, 2007.– С.44-46.

7. Матвеев А.В. Формирование тезаурусной системы знаний в области построения автоматизированных систем научных исследований [Текст] / А.В. Матвеев // Сб. трудов XXXV региональной молодежной школы-конференции «Проблемы теоретической и прикладной математики», 26-30 января 2004 г.– Екатеринбург.– 2004.– С. 127-130.

8. Матвеев А.В. Разработка элементов системного интеллектуального подсказчика построения автоматизированных систем научных исследований [Текст] / А.В. Матвеев // Алгоритмы и программные средства параллельных вычислений: сб. науч. тр. УрО РАН: Екатеринбург.– 2003. –Вып. 7.– С.98-109.

9. Matveyev A.V. The Informal Modeling of Input-Preprocessing Subsystems For Scientific Research [Text] / M.L. Goldshtein, A.V. Matveyev // Proceedings of the 10th Digital Signal Processing Workshop, 2nd Signal Processing Education Workshop, October 13-16, Callaway Gardens, Pine Mountain, Georgia, USA.– 2002. – P.110-116.

10. Матвеев А.В. Моделирование многопроцессорной подсистемы ввода и первичной обработки информации автоматизированных систем научных исследований [Текст] / М.Л. Гольдштейн, А.В. Матвеев // Алгоритмы и программные средства параллельных вычислений: сб. науч. тр. УрО РАН: Екатеринбург.– 2002. – Вып. 6. – С. 129-148.

11. Matveyev A.V. The Structurally-Functional Modelling of Multiprocessor Subsystem of Input and Preprocessing [Text] / M.L. Goldshtein, A.V. Matveyev // Proceedings of the IASTED International Conference “Automation, Control, and Information Technology”, June 10-13, 2002. – Novosibirsk, Russia. – P. 370-375.

12. Matveyev A.V. The Semi-Formal Model of Multiprocessor Input-Preprocessing Subsystem [Text] / M.L. Goldshtein, A.V. Matveyev // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды IV Международной конференции / Под ред. акад. В.П. Мясникова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2002. – С. 227-233.

13. Матвеев А.В. Многопроцессорная система сбора и обработки данных научного эксперимента [Текст] / М.Л. Гольдштейн, А.В. Матвеев //Материалы международного научно-практического семинара «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах», 20-24 ноября 2001 г, – Н. Новгород. – 2001.– С. 99-112.