

*На правах рукописи*  
УДК 004(043.3)  
ББК 381я031

*Александр*

**СЫРОИД Александр Вячеславович**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА  
ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Специальность 05.25.05 – «Информационные системы и процессы»

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Тамбов 2010

Работа выполнена на кафедре «Информационные системы и защита информации» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ).

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор  
Громов Юрий Юрьевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,  
профессор

Крапивин Владимир Федорович

доктор технических наук, профессор

Буховец Алексей Георгиевич

Ведущая организация

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный технический университет»

Защита диссертации состоится 9 июня 2010 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212.260.05 ГОУ ВПО ТГТУ по адресу: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, Большой актовый зал.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью, просим направлять по адресу: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.260.05 З.М. Селивановой.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО ТГТУ. Автореферат диссертации размещен на официальном сайте ГОУ ВПО ТГТУ <http://www.tstu.ru>.

Автореферат разослан «06» 05 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук,  
профессор



З.М. Селиванова

2010A  
15877

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В настоящий момент развитие информационных технологий привело к увеличению количества задач, решаемых с помощью имитационного исследования. Однако для проведения имитационного исследования необходимо быть не только специалистом в предметной области, но и обладать навыками программирования, алгоритмизации, математического моделирования и уметь строить аналитические модели (описания). Все это приводит к тому, что один человек не может самостоятельно решить задачу имитационного исследования. На рынке программных продуктов существуют решения, позволяющие частично облегчить проведение имитационного исследования. Например, программные продукты Maple, MatLab, Electronic Workbench. Однако у них есть существенные недостатки. Каждый из перечисленных продуктов является сложным в эксплуатации и требует от пользователя длительного и углубленного обучения, что приводит к существенному увеличению времени проведения имитационного моделирования. Пользователь не получает никаких подсказок. Он самостоятельно должен изучить все методы решения поставленной задачи и выбрать оптимальный. Перечисленные продукты плохо расширяемы: пользователь ограничен лишь теми методами и процедурными моделями, которые присутствуют в программном продукте. Он не имеет возможности без дополнительного обучения разрабатывать и дополнять существующие методы. Ни в одном из перечисленных программных продуктов нет механизма хранения и поиска аналитических описаний, что значительно усложняет проведение имитационного исследования.

Все это приводит к необходимости разработки и реализации интеллектуальной информационной системы (ИИС) проведения имитационных исследований. ИИС должна снизить требования к квалификации пользователя за счет интеллектуального интерфейса, который постоянно подсказывает пользователю, какие действия ему необходимо осуществить. Централизованная база данных, содержащая аналитические описания, процедурные модели и расчетные модули, позволит избежать необходимости ее повторной разработки при решении похожих задач. Механизм поиска похожих аналитических описаний и процедурных моделей позволит уменьшить время имитационного исследования, так как у пользователя появится возможность доработать похожие процедурные модели или аналитические описания, а не разрабатывать их заново.

**Цель работы:** сократить временные ресурсы на разработку аналитических описаний и проведение имитационных исследований технических объектов за счет использования интеллектуальной информационной системы.

### **Задачи исследования:**

1) построить логико-лингвистические модели выбора аналитического описания объектов и процедурных моделей для проведения имитационных исследований, модель формирования логического ключа;

2) синтезировать структуру информационного массива, включающего базу аналитических описаний (БАО), базу результатов (БР), базу расчетных модулей (БРМ) и процедурных моделей и базу знаний (БЗ);

3) создать интеллектуальный интерфейс, позволяющий пользователю получать информацию о ходе процесса формирования аналитического описания и расчетного модуля технического объекта и оперативно влиять на его протекание;

4) обосновать и предложить структуру интеллектуальной информационной системы проведения имитационных исследований.

**Объект исследования.** Интеллектуальная информационная система проведения имитационных исследований технических объектов.

**Предмет исследования.** Аналитические и процедурные модели интеллектуальной информационной системы для построения аналитических описаний технических объектов и проведения имитационных исследований.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в работе использованы методы: системного анализа, имитационного моделирования, теории нечетких множеств, численного анализа, методы искусственного интеллекта.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- синтезирована структура интеллектуальной информационной системы построения аналитических описаний и проведения имитационных исследований, основанная на использовании интеллектуального интерфейса, подсистем формирования аналитических описаний, расчетных модулей и анализа полученного решения.

- построена модель формирования логического ключа, использующая предложенное дерево аналитических формализаций исследуемых объектов и аппарат математической логики;

- построена логико-лингвистическая модель (ЛЛМ) выбора аналитических описаний на основе анализа сходства аналитических описаний, находящихся в БАО, на основе применения модели формирования логического ключа, использующей уникальные однопараметрические  $T$ -нормы для осуществления операции импликации и построения нечетких отношений;

- создана логико-лингвистическая модель построения процедур на основе анализа сходства процедурных моделей, находящихся в БРМ, на основе применения модели формирования логического ключа, использующей уникальные однопараметрические  $T$ -нормы для осуществления операции импликации и построения нечетких отношений.

**Практическая значимость работы** заключается в использовании полученной ИИС в процессе построения аналитических описаний и выбора расчетных модулей, что позволяет существенно сократить продолжительность подготовки к проведению имитационных исследований технических объектов.

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта № П292 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

Реализация результатов работы осуществлена в ОАО «Пигмент», г. Тамбов; ООО «СОВТЕХ», г. Воронеж; ГОУ ВПО ТГТУ, г. Тамбов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- модель формирования логического ключа (МФЛК), генерирующая специальный ключ для аналитического описания объектов таким образом, что становится возможным их классификация по типу используемого уравнения;

- логико-лингвистическая модель построения аналитических описаний на основе применения модели формирования логического ключа, использующей уникальные однопараметрические Т-нормы для осуществления операции импликации и построения нечетких отношений, позволяющая находить и извлекать из БАО не только готовые к использованию аналитические описания, но и похожие;

- логико-лингвистическая модель выбора процедур на основе анализа сходства процедурных моделей, находящихся в БРМ на основе применения модели формирования логического ключа, использующей уникальные однопараметрические Т-нормы для осуществления операции импликации и построения нечетких отношений, позволяющая находить и извлекать из БРМ процедуры, используемые в подсистеме формирования расчетного модуля;

- интеллектуальная информационная система проведения имитационных исследований технических объектов.

#### **Апробация работы.**

Основные результаты работы представлены и обсуждены на всероссийской и международной научных конференциях «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (III Международная научно-техническая конференция, Орел, 2008), «Теория конфликта и ее приложения» (V Всероссийская научно-техническая конференция, Воронеж, 2008), семинарах кафедры «Информационные системы и защита информации ТГТУ» и кафедры «Прикладная информатика» Тамбовского филиала Московского государственного университета культуры и искусств.

**Объем и структура работы.** Диссертация, общий объем которой составляет 147 страниц (основной текст – 135 страниц) состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной научной литературы, включающего 150 наименований научных трудов на русском и иностранном языках и 2 приложения. Диссертация содержит 20 иллюстраций и 5 таблиц.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 6 статей, в том числе 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 2 доклада на Всероссийской и международной научных конференциях.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулирована цель работы, поставлены задачи, решение которых позволяет достичь цели исследования, научная новизна и практическая значимость.

В главе 1 «Анализ информационных систем для проведения имитационных исследований» на основе изучения литературных источников проведен анализ современных информационных систем для проведения имитационных исследований, таких как: MatLab, Mathcad, Electronic Workbench и др., проанализированы их возможности и выявлены основные преимущества и недостатки. Основным недостатком рассмотренных информационных систем проведения имитационных исследований является их узкая направленность. Каждая информационная система (ИС) позволяет решать лишь те задачи, на которые она ориентирована, и бесполезна в остальных случаях. Вторым недостатком являются высокие требования к подготовке пользователя ИС, который должен быть специалистом не только в предметной области решаемой задачи, но и в совершенстве владеть приемами работы с ИС. Третий недостаток – пользователь самостоятельно должен разрабатывать аналитические описания объектов и модели, так как в рассмотренных ИС нет соответствующих механизмов их построения. Также недостатком является отсутствие централизованной базы данных для хранения полученных результатов.

Проведенный анализ позволил сформулировать цель работы и задачи исследования, решение которых позволило устранить перечисленные недостатки.

В главе 2 «Процедурные и аналитические модели интеллектуальной информационной системы» ИИС представлена как система, которая позволяет решать задачи имитационного исследования и принимать решения в интерактивном режиме. Процесс проведения имитационного исследования является интерактивным, что позволяет:

- снабдить пользователя дополнительной информацией и инструкциями;
- разделить на этапы процесс проведения имитационного исследования и подойти к каждому этапу индивидуально (т.е. выполнить этап в автоматическом или ручном режиме);
- уменьшить продолжительность исследования.

ИИС разработана с использованием языка UML. Диаграмма кооперации ИИС проведения имитационных исследований показана на рис. 1. Функциональная схема ИИС показана на рис. 2. ИИС включает интерфейс, который подразделяется на интеллектуальный пользовательский интерфейс и интерфейс БД.

Интеллектуальный пользовательский интерфейс преобразует информацию, поступающую от компонентов системы в удобный для пользователя вид, а также осуществляет диалог пользователя с системой. Интерфейс БД предназначен для извлечения, редактирования и удаления данных из базы моделей, базы знаний, базы расчетных модулей и базы результатов. БАО служит для хранения аналитических описаний. БРМ хранит алгоритмы и готовые расчетные модули, а также отдельные функции, процедуры и

исходные коды на различных языках программирования. БР служит для хранения результатов уже решенных задач в текстовом виде, в виде графиков, таблиц или в другом виде, определенном пользователем, а также описание, условия и начальные данные решенных задач. БЗ хранит нечеткие правила выбора расчетных процедур и аналитических описаний. БАО, БРМ и БР были разработаны с помощью языка UML в среде Umbrello.

БАО, БРМ и БР тесно связаны друг с другом. Их структура показана на рис. 3. На схеме определены связи между таблицами и их отношения, например запись  $1 id - n id\_lang$  означает, что таблицы связаны по столбцам  $id$  и  $id\_lang$ , а отношение – один ко многим. БР содержит три таблицы: *messages*, *result* и *zadacha*. В таблице *zadacha* хранится информация о ре-

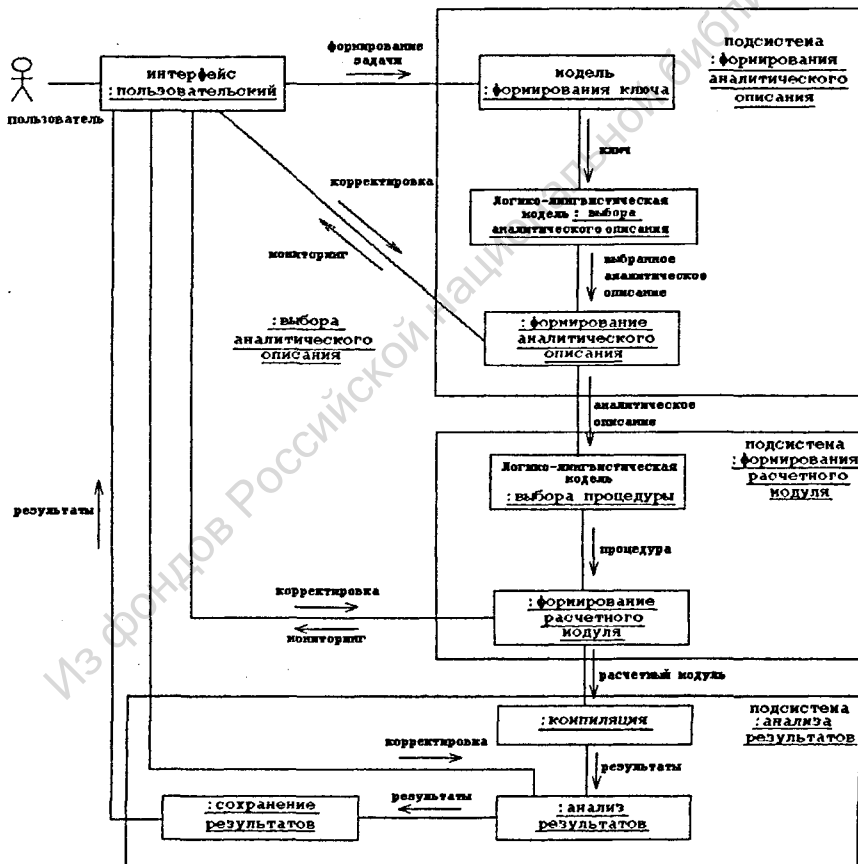


Рис. 1. UML диаграмма кооперации ИИС

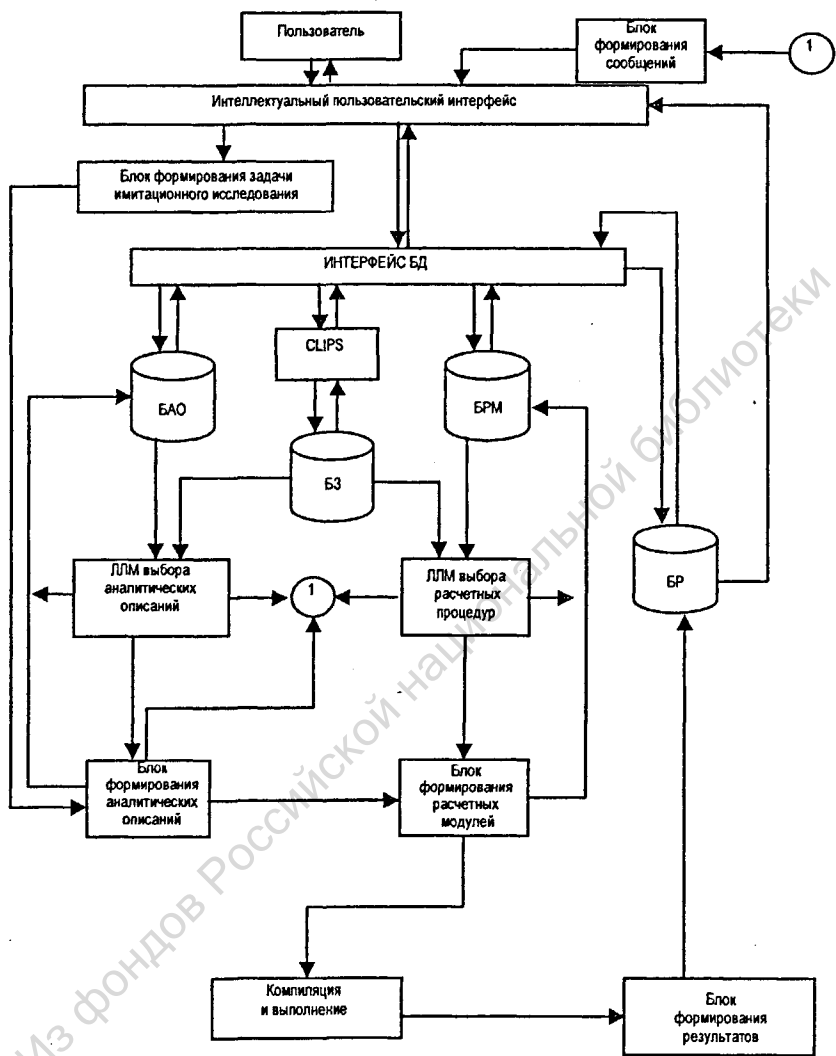
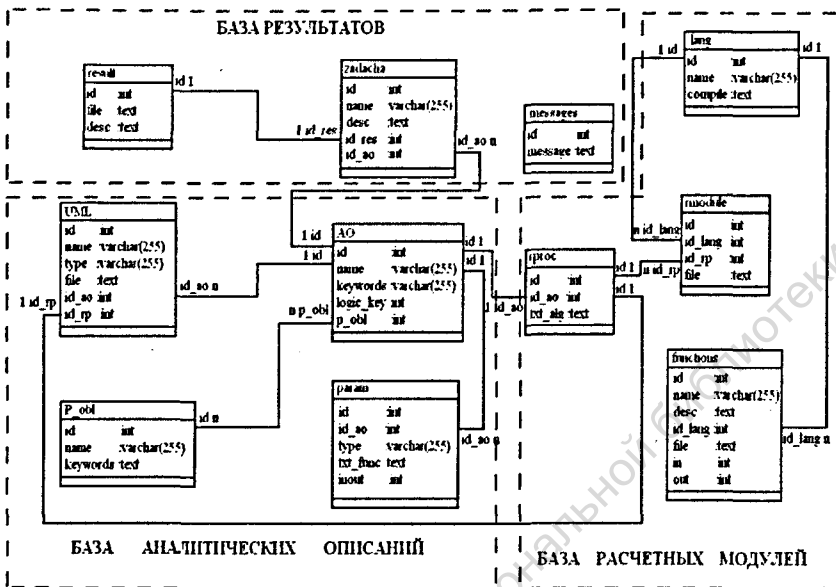


Рис. 2. Функциональная схема ИИС

шенной задаче: название, описание, условия и начальные данные, ключевые слова, используемые для поиска и ссылки на используемое аналитическое описание и полученный результат. Таблица *Result* содержит результаты решенных задач, ссылки на файлы с таблицами, графиками и другой информацией.





**Рис. 3. Структура БАО, БРМ и БР**

БАО состоит из четырех таблиц: *AO*, *UML*, *P\_obj* и *param*. Таблица *AO* содержит название аналитического описания, ключевые слова для поиска, а также ссылки на используемые UML-диаграммы и значение логического ключа. Таблица *UML* содержит UML-диаграммы, их тип, ссылку на файл, в котором хранится UML-диаграмма, а также ссылки на аналитическое описание или расчетную процедуру, к которой относится диаграмма. Таблица *P\_obj* содержит предметные области: название предметной области, ее описание и ключевые слова для поиска. Таблица *param* содержит информацию о входных и выходных параметрах, используемых в аналитических описаниях.

БРМ состоит из четырех таблиц: *rproc*, *rmodule*, *functions* и *lang*. Таблица *rproc* содержит расчетные процедуры, текстовые алгоритмы, а также ссылки на аналитические описания. Таблица *rmodule* хранит готовые к применению расчетные модули, их описание, а также ссылки на используемый язык программирования и расчетные процедуры и на файл, в котором хранится текст расчетного модуля. Таблица *functions* содержит код отдельных функций, реализованных на различных языках программирования, ссылки на используемый язык программирования, описание, ключевые слова, а также количество входных и выходных параметров. Таблица *Lang* хранит информацию об используемых в ИИС языках программирования, а также краткую инструкцию.

ИИС проведения имитационных исследований состоит из подсистемы формирования аналитических описаний, подсистемы формирования расчетных модулей и подсистемы анализа результата. Процедура ИИС показана на рис. 4. Основная задача подсистемы формирования аналитических описаний сформировать аналитическое описание, используемое при решении задачи имитационного исследования. Используя логико-лингвистическую модель выбора аналитических описаний, из БАО извлекаются подходящие описания с краткой характеристикой. Это может быть полностью подходящее описание или требующее корректировки. В случае необходимости, пользователь вносит необходимые корректировки. Если из БАО не извлечено ни одного аналитического описания, необходимо разработать новое аналитическое описание.

Подсистема формирования расчетного модуля с помощью логико-лингвистической модели извлекает из БРМ процедурные модели с краткой характеристикой. В случае, если в БРМ не найдено ни одной расчетной процедуры, пользователю необходимо самостоятельно ее разработать. В противном случае пользователь либо корректирует извлеченную расчетную процедуру, либо использует ее без корректировки в зависимости от полученной характеристики. На основе полученной расчетной процедуры формируется расчетный модуль. Возможны три варианта формирования расчетного модуля. Из БРМ извлекается уже готовый к использованию расчетный модуль. В случае, если для расчетной процедуры найден расчетный модуль на другом языке программирования, модуль корректируется пользователем. И в случае, если в БРМ нет подходящих расчетных модулей, пользователь самостоятельно разрабатывает расчетный модуль. При разработке расчетного модуля пользователь может использовать функции, хранящиеся в БРМ.

Перед тем как перейти к подсистеме анализа результата, расчетный модуль необходимо скомпилировать и выполнить. Затем в подсистеме анализа результата пользователь оценивает полученный результат и, если он неудовлетворительный, корректирует аналитическое описание, расчетную процедуру и расчетный модуль, а затем компилирует и исполняет расчетный модуль. Эта операция повторяется до тех пор, пока не будет получен удовлетворительный результат. На последнем этапе все полученные результаты сохраняются в БР, а аналитическое описание, расчетная процедура и расчетный модуль сохраняются в БАО и БРМ.

Каждое аналитическое описание задается уравнениями, входными и выходными переменными. Для классификации аналитических описаний по типу уравнений разработана логическая модель поиска ключа, показанная на рис. 5. С ее помощью определяется степень схожести двух аналитических описаний по типу уравнений. Для каждого аналитического описания вычисляется номер, называемый индексом типа уравнения, следующим образом: на первом уровне иерархии определяется, к какому типу относится уравнение и устанавливается первая цифра индекса типа уравнения, затем аналогично определяется вторая цифра индекса на втором

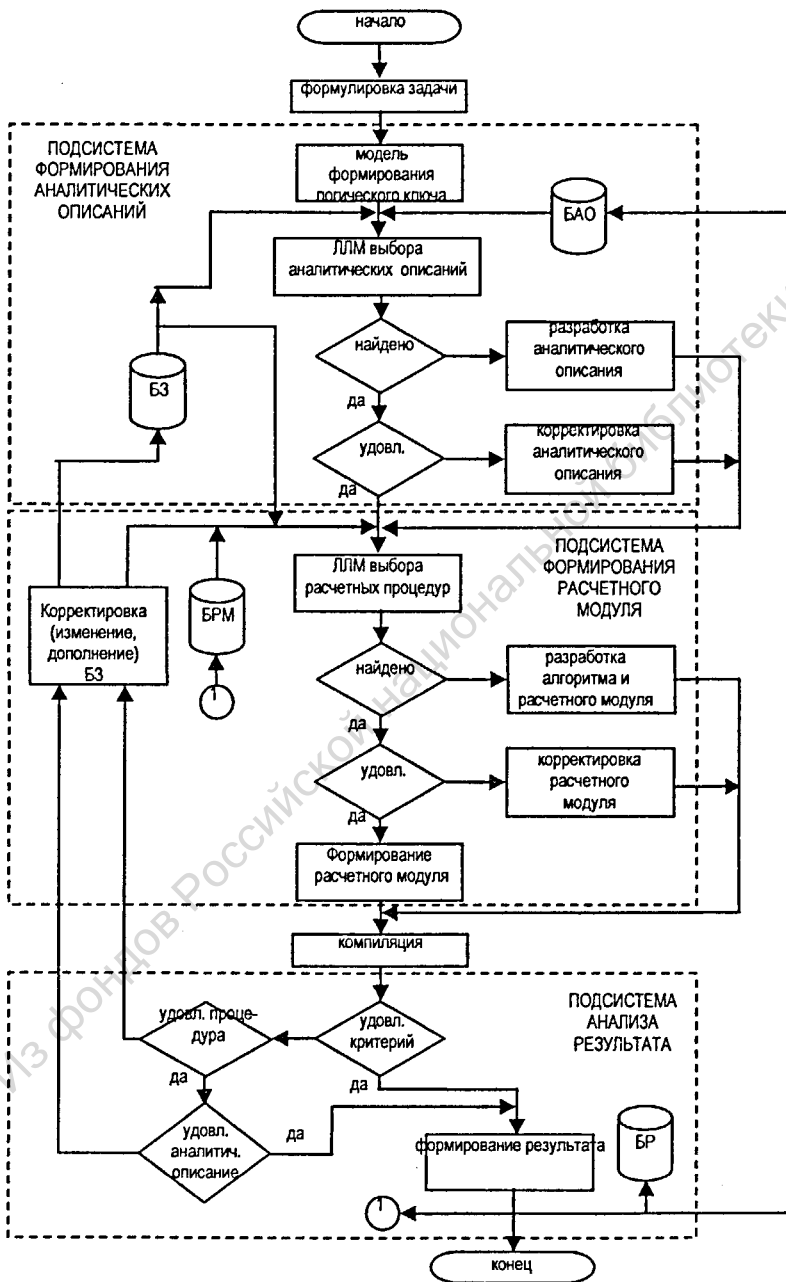


Рис. 4. Процедурная модель ИИС

уровне и т.д. Например, для детерминированных алгебраических линейных систем уравнений индекс типа уравнения будет 1111. Для того чтобы определить, насколько похожи два аналитических описания по типу уравнений, необходимо для каждой из них определить индекс типа уравнений и вычислить разницу между ними по модулю. Если количество разрядов в индексе типа уравнений не совпадает, необходимо его дополнить нулями. Чем меньше полученная разница, тем более похожими являются аналитические описания, что позволяет избежать длительного и трудоемкого процесса разработки аналитического описания и доработать уже существующие, путем внесения небольших корректировок.

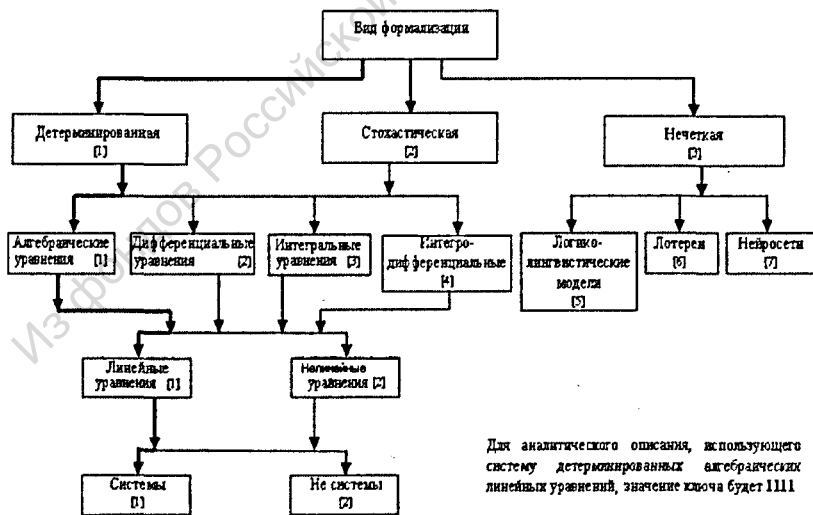
Логико-лингвистическая модель выбора аналитических описаний (ЛЛМВАО) предназначена для поиска подходящих аналитических описаний в БАО. На вход ЛЛМВАО поступают переменные ( $TU$ ,  $PO$ ,  $IN$ ,  $OUT$ ,  $KW$ ), а на выходе – действия, которые должно совершить пользователь ( $D$ ). ЛЛМ состоит из следующих правил:

1. Если ( $TU = \text{выс}$ ) И ( $PO = \text{выс}$ ) И ( $IN = \text{макс}$ ) И ( $OUT = \text{макс}$ ) ТО ( $D = \text{подходящее } AO$ ).

2. Если ( $TU = \text{выс}$ ) И ( $PO = \text{выс}$ ) И ( $IN = \text{макс}$ ) И ( $OUT = \text{макс}$ ) И ( $KW = \text{выс}$ ) ТО ( $D = \text{подходящее } AO$ ).

⋮

n. Если ( $TU = \text{выс ИЛИ сред}$ ) И ( $PO = \text{выс ИЛИ сред}$ ) И ( $IN = \text{выс ИЛИ сред}$ ) И ( $OUT = \text{выс ИЛИ сред}$ ) И ( $KW = \text{выс ИЛИ сред}$ ) ТО ( $D = \text{возможно подходящее } AO$ ).



Для аналитического описания, использующего систему детерминированных алгебраических линейных уравнений, значение ключа будет 1111

Рис. 5. Модель формирования логического ключа

Здесь:  $TU$  – степень соответствия типа уравнения,  $PO$  – степень соответствия предметной области аналитического описания,  $KW$  – степень соответствия ключевых слов аналитического описания,  $IN$  – степень соответствия входных параметров,  $OUT$  – степень соответствия выходных параметров.

Для построения решения, которое определяется функцией принадлежности, необходимо определить нечеткое отношение по каждому  $i$ -му правилу, которое определяется следующим образом:

$$\mu_{R_i}(x, y) = T\{\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y)\},$$

где вектор  $x$  имеет следующие компоненты:

$$x = \{TU, PO, IN, OUT, KW\}, \text{ а } y \sim D, \dim(x) = 5.$$

$T$ -импликация в данном случае определяется согласно выражению вида:

$$T\{\mu_{A_i}(x_j), \mu_{B_i}(y)\} = \frac{\mu_{A_i}(x_j)\mu_{B_i}(y)}{\max\{\mu_{A_i}(x_j), \mu_{B_i}(y), \gamma\}},$$

где  $j = 1, \dots, \dim(x)$ ,  $\gamma$  – неизвестный параметр, для нахождения которого необходимо решить оптимизационную задачу.

В процессе выполнения работы было определено оптимальное значение  $\gamma = 0,39$ , а функция принадлежности нечеткого множества  $B_i'$  определялась согласно выражению:

$$\mu_{B_i'}(y) = \sup_{x \in X} \{\mu_{A_i'}(x) T \mu_{R_i}(x, y)\},$$

где в качестве  $T$ -нормы было выбрано выражение вида:

$$T\{\mu_{A_i'}(x), \mu_{R_i}(x, y)\} = \frac{\mu_{A_i'}(x_j)\mu_{R_{ij}}(x_j, y)}{\gamma + (1 - \gamma)\{\mu_{A_i}(x_j) + \mu_{R_i}(x_j, y)\}} - \mu_{A_i}(x_j)\mu_{R_i}(x_j, y),$$

$$\gamma > 0.$$

с оптимальной величиной параметра  $\gamma = 2,75$ .

Функция принадлежности результата (выхода логико-лингвистической модели):

$$\mu_B(y) = \max_{i=1, \dots, n} \{\mu_{B_i'}(y)\},$$

где  $i = 1, \dots, \dim(x)$ .

Логико-лингвистическая модель выбора расчетных процедур предназначена для поиска алгоритма и формирования соответствующего расчетного модуля для последующей компиляции. В зависимости от входных переменных ( $TU, TCH, TM, TAO$ ), пользователь может получить готовую расчетную процедуру, или требующую корректировки, или пользователю может быть предложено самостоятельно разработать расчетную процедуру. ЛЛМ состоит из правил вида:

1. Если ( $TU = \text{выс}$ ) И ( $TCH = \text{выс}$ ) И ( $TM = \text{выс}$ ) И ( $TAO = \text{выс}$ ) ТО ( $D = \text{подходящая расчетная процедура}$ )

2. Если ( $TU = \text{сред}$ ) И ( $TCH = \text{сред}$ ) И ( $TM = \text{сред}$ ) И ( $TAO = \text{выс}$ ) ТО ( $D = \text{расчетная процедура, требующая корректировки}$ )

⋮

n. Если ( $TU = \text{низ}$ ) И ( $TCH = \text{низ}$ ) И ( $TM = \text{низ}$ ) И ( $TAO = \text{низ}$ ) ТО ( $D = \text{требуется разработать расчетную процедуру}$ ), где  $TU$  – логический ключ,  $TCH$  – точность используемого метода,  $TM$  – время выполнения расчетной процедуры,  $TAO$  – степень соответствия расчетной процедуры аналитическому описанию.

Для построения решения, которое определяется функцией принадлежности, необходимо определить нечеткое отношение по каждому  $i$ -му правилу, которое определяется следующим образом:

$$\mu_{R_i}(x, y) = T\{\mu_{A_i}(x), \mu_B(y)\},$$

где вектор  $x$  имеет следующие компоненты:

$$x = \{TU, TCH, TM, TAO\}, \text{ а } y \sim D, \dim(x) = 4;$$

$T$ -импликация в данном случае определяется согласно выражению вида:

$$T(a, b) = \max\left\{0, 1 - \left((1-a)^\gamma + (1-b)^\gamma\right)^{\frac{1}{\gamma}}\right\}, \text{ где } \gamma \geq 1.$$

При выполнении работы использовалась  $\gamma = 3,25$ , а функция принадлежности нечеткого множества  $B_i$  определялась согласно выражению:

$$\mu_{B_i}(y) = \sup_{x \in X} \{\mu_{A_i}(x) T \mu_{R_i}(x, y)\},$$

где в качестве  $T$ -нормы было выбрано выражение вида:

$$T(a, b) = \frac{1}{\left(\frac{1}{a^\gamma} + \frac{1}{b^\gamma}\right)^\gamma - 1}, \gamma > 1$$

с оптимальной величиной параметра  $\gamma = 2,39$ .

Функция принадлежности результата (выхода логико-лингвистической модели):

$$\mu_B(y) = \max_{i=1, \dots, n} \{\mu_{B_i}(y)\},$$

где  $i = 1, \dots, \dim(x)$ .

В главе 3 «Реализация интеллектуальной информационной системы» подробно рассмотрены виды обеспечений – техническое (ТО), программное (ПО), информационное (ИО), лингвистическое (ЛО) и методическое обеспечение (МО), необходимые для функционирования ИИС. При разработке ИИС одной из задач являлось обеспечение возможности работы с интерфейсом не только в любой современной операционной системе,

но и с любого компьютера, подключенного к сети Internet. Поэтому было решено реализовать интерфейс ИИС в виде веб-интерфейса. Для решения этой задачи идеально подходит веб-сервер Apache (рис. 6). Основными достоинствами данного решения являются наличие средств сборки

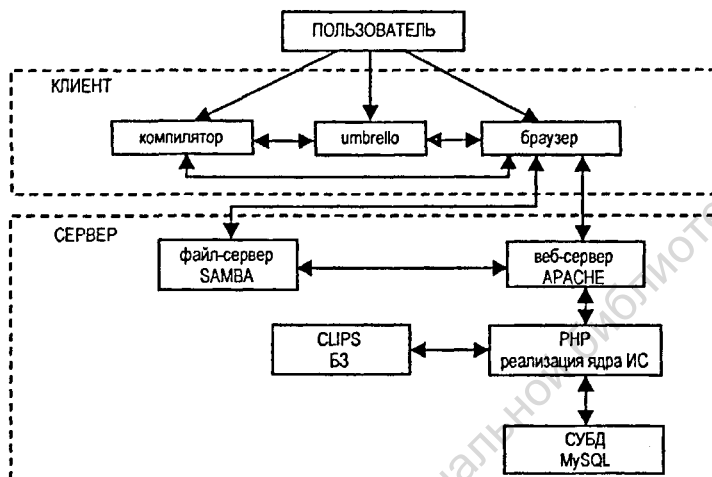


Рис. 6. Архитектура клиент-сервер

ПО как под программную платформу Microsoft Windows, так и под программные платформы семейства nix (семейство ОС Unix – BSDUnix, FreeBSD, Solaris, IBM AX, HP UX, MacOS X и ряда других свободно распространяемых и коммерческих ОС, а также многочисленное семейство ОС Linux), и то, что Apache является наиболее распространенным веб-сервером, подтверждает правильность выбора. В качестве информационного обеспечения выбрана система управления базами данных (СУБД) MySQL, в которой реализованы БАО, БРМ, БР и БЗ. Основные соображения для выбора данной СУБД – это кроссплатформенность и простота использования в связке Apache и РНР. Кроме того, данная СУБД чаще всего используется для создания сайтов и веб-интерфейсов.

В качестве примера рассматривается работа ИИС для решения задачи падения тела в вязкой среде. На первом этапе пользователю предлагается ввести параметры поиска: название модели, ключевые слова предметной области, количество и тип входных и выходных параметров и ключевые слова (рис. 7). В качестве входных параметров выступают: начальная высота, начальная скорость, масса тела и коэффициент сопротивления среды, а в качестве выходных: время, высота, скорость и ускорение. Следовательно, входных и выходных параметров будет четыре числа. Затем автоматически генерируется логический ключ (1112) и на основе полученных данных осуществляется поиск аналитических описаний с помощью ЛЛИМБАО.

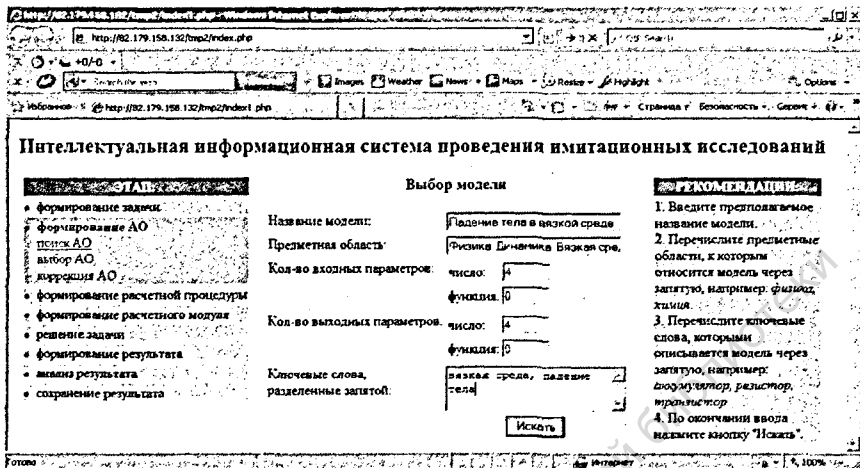


Рис. 7. Пример диалога пользователя и ИИС

В результате поиска найдено два аналитических описания: «Падение тела в вязкой среде» с рекомендацией «подходящее АО» и «Свободное падение тела» с рекомендацией «требуется корректировка АО». Выбираем подходящее АО и загружаем для него все найденные UML-диаграммы. На следующем этапе осуществляется поиск расчетных процедур. Пользователь указывает желаемую точность и время работы расчетной процедуры. Точность и время указывается в нечетком виде, например «высокая», «средняя» и т.д. Для данного примера в БРМ найдена одна расчетная процедура «Метод Эйлера для расчета падения тела в вязкой среде» с рекомендацией «подходящая расчетная процедура». Затем пользователь указывает желаемый язык программирования, например PHP, и в БРМ осуществляется поиск расчетных модулей для выбранной расчетной процедуры. В нашем случае найден только расчетный модуль на языке Си. Теперь пользователю необходимо либо воспользоваться рекомендациями ИИС и использовать компилятор языка Си, либо самостоятельно перевести программу на язык PHP и продолжить имитационное исследование. Выберем первый вариант (рис. 8). После компиляции пользователь получает готовую программу для проведения имитационных исследований. По окончании имитационного исследования пользователь заполняет специальную форму, где указывает условия решенной задачи, используемое аналитическое описание, расчетную процедуру и расчетный модуль, а также полученные результаты. В случае необходимости загружает на сервер ИИС графики, таблицы и пр.

Основываясь на выборе ПО и ИО, в качестве лингвистического обеспечения выбран язык обработки данных SQL и язык программирования PHP.

Взаимодействие пользователя с подсистемами осуществляется посредством интеллектуального интерфейса, который организован в виде



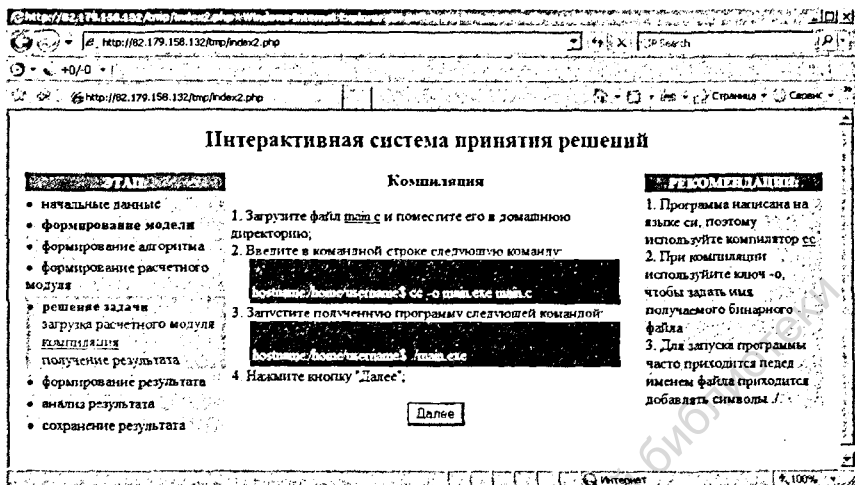


Рис. 8. Пример диалога пользователя и ИИС

диалога с пользователем. Интеллектуальный интерфейс позволяет пользователю получать информацию о ходе процесса формирования аналитического описания и расчетного модуля технического объекта и оперативно влиять на его протекание.

В заключении сформулированы основные результаты работы:

- разработана модель формирования логического ключа, генерирующая специальный ключ для аналитического описания объектов таким образом, что становится возможным их классификация по типу используемого уравнения;
- разработаны логико-лингвистические модели выбора аналитических описаний и выбора расчетных процедур, использующие уникальные однопараметрические  $T$ -нормы для осуществления операции импликации и построения нечетких отношений, позволяющие осуществлять интеллектуальную выборку аналитических описаний и процедурных моделей из базы аналитических описаний и базы расчетных модулей;
- синтезирована структура базы данных, обеспечивающая хранение и поиск аналитических описаний, процедурных моделей, расчетных модулей, UML-диаграмм и полученных результатов, что позволило получить быстрый доступ ко всей необходимой информации, а также сократить время, затрачиваемое на проведение имитационного исследования;
- создан интеллектуальный интерфейс, позволяющий пользователю получать информацию о ходе процесса формирования аналитического описания и расчетного модуля технического объекта и оперативно влиять на него;

- построена интеллектуальная информационная система проведения имитационных исследований, включающая подсистемы формирования аналитического описания, формирования расчетного модуля, анализа результата, базы аналитических описаний, расчетных модулей, знаний и результатов, позволяющая сократить временные ресурсы на разработку аналитических описаний и проведение имитационных исследований технических объектов.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Сыроид, А.В. Построение информационных моделей для организации имитационных исследований / А.В. Сыроид // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 11(25). – С. 221 – 225.

2. Сыроид, А.В. Информационные модели для организации имитационных исследований / А.В. Сыроид, С.В. Данилкин // Инженерная физика. – 2010. – № 3. – С. 11 – 16 (авт. объем 0,5 печ.л.).

### Статьи

3. Сыроид, А.В. Использование UML при построении моделей предметной области / А.В. Сыроид // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 122 – 126.

4. Сыроид, А.В. Интеллектуальная система принятия решений / А.В. Сыроид // Теория конфликта и ее приложения : материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Часть I / сост. : И.Я. Львович, Ю.С. Сербулов ; АНОО СПО ВИВТ, РосНОУ(ВФ). – Воронеж : Научная книга, 2008. – С. 275 – 279.

5. Сыроид, А.В. Использование UML для построения информационной системы / А.В. Сыроид // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2008. – № 3. – С. 115 – 117.

6. Сыроид, А.В. Построение модели предметной области с использованием UML / А.В. Сыроид // Информационные системы и процессы : сб. науч. тр. / под ред. проф. В.М. Тюпонника. – Тамбов ; М. ; СПб. ; Баку ; Вена : Изд-во «Нобелистика», 2008. – Вып. 7. – С. 31 – 38.

7. Сыроид, А.В. Структура информационной системы принятия управленческих решений / А.В. Сыроид // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2008. – Вып. 21. – С. 173 – 176.

8. Сыроид, А.В. Информационная система принятия решений / А.В. Сыроид // III Междунар. науч.-техн. конф. «Информационные технологии в науке, образовании и производстве». – Орел : Изд-во Орловского ГТУ, 2008. – С. 62.

Из фондов Российской национальной библиотеки

---

Подписано в печать 04.05.2010  
Формат 60 × 84/16. 0,93 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 256

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

2010A

15877

10 - 15877

Из фондов Российской национальной библиотеки