

На правах рукописи

Крылов Дмитрий Александрович

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ
ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕРВИСОВ**

05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных
машин, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Владивосток — 2014

Работа выполнена в лаборатории интеллектуальных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН.

Научный руководитель: Клещев Александр Сергеевич,
доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник
лаборатории интеллектуальных систем
ИАПУ ДВО РАН.

Официальные оппоненты: Шахгельдян Карина Иосифовна,
доктор технических наук, доцент,
начальник управления
информационно-технического
обеспечения;
Владивостокский государственный
университет экономики и сервиса.

Инзарцев Александр Вячеславович,
доктор технических наук,
заведующий лабораторией систем
управления;
Институт проблем морских технологий
ДВО РАН.

Ведущая организация: Институт систем информатики имени
А.П. Ершова Сибирского отделения
РАН (г. Новосибирск)

Защита состоится 25 апреля 2014 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 005.007.01 в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Радио 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН и на сайте ИАПУ ДВО РАН по адресу <http://iacp.dvo.ru/russian/institute/dissertation/represent.html>

Автореферат разослан _____ 2014 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 005.007.01, д.т.н.



А.В.Лебедев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Интеллектуальные системы (ИС) или системы с базами знаний предназначены для решения таких задач, которые не могут быть решены с использованием традиционных алгоритмических методов. Главным ресурсом при решении таких задач являются профессиональные знания. Такие задачи возникают в разных предметных областях, в том числе медицине, химии, геологии, математике, технике и других. Помимо базы знаний ИС включает пользовательский интерфейс и решатель задач. Значительный вклад в разработку и исследование методов и средств создания ИС внесли российские ученые: Артемьева И.Л., Вагин В.Н., Гаврилова Т.А., Голеньков В.В., Загорулько Ю.А., Клещев А.С. Кузнецов О.П., Осипов Г.С., Попов Э.В., Поспелов Д.А., Стефанюк В.Л., Финн В.К., Хорошевский В.Ф., а также зарубежные: Мюзен М., Нильсон Н., Норвиг П., Ньюэлл А., Рассел С., Саймон Г., Таунсенд К., Уотермен Д., Чандрасекаран Б. и другие.

Важной проблемой является предоставление доступа пользователей к ИС и средствам их разработки. Современный способ предоставления удобного доступа к программным системам представлен концепцией «облачных вычислений». Облачными вычислениями называются модель повсеместного сетевого доступа по требованию к общему пулу (общей совокупности) вычислительных ресурсов, которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами и обращениями к провайдеру этих ресурсов.

В настоящее время разработаны и широко используются облачные платформы для программных систем общего назначения (Amazon Web Services, Google App Engine, Windows Azure). Эти платформы поддерживают почти весь цикл разработки облачных программных систем. При помощи таких облачных платформ возможно и создание ИС, однако прямая поддержка этого не предоставляется. Кроме того, созданы редакторы информационного наполнения ИС (напр., WebProtégé, TopBraid Composer), компоненты которых можно использовать при создании прикладных ИС.

Однако, на сегодняшний день нет полноценной облачной платформы, полностью поддерживающей разработку и функционирование всех трёх компонентов ИС (баз знаний, решателей задач, пользовательского интерфейса). Соответственно, нет и поддержки всего жизненного цикла ИС. Почти все существующие облачные редакторы баз знаний ограничены механизмом редактирования снизу-вверх (от атомарных понятий к сложносоставным), а также не определяют порядок порождения, что не позволяет экспертам предметных областей формировать и сопровождать сложноструктурированные базы знаний без помощи посредников.

Поэтому актуальной является разработка облачной платформы, включающей средства поддержки всех компонентов облачных интеллектуальных систем, а также средств их интеграции.

Целью диссертационной работы является разработка средств для облачной поддержки, создания и использования интеллектуальных систем. Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Разработка общей концепции облачной платформы для создания облачных ИС;
2. Разработка моделей информационных ресурсов, решателя задач и интерфейса ИС;
3. Разработка методов реализации информационных ресурсов, решателей задач и интерфейсов облачных ИС;
4. Разработка технологии создания облачных ИС с использованием облачной платформы.

Методы исследования. В работе использовались методы, базирующиеся на аппарате теории графов, баз данных, системного анализа, теории формальных грамматик, искусственного интеллекта, объектно-ориентированного анализа и проектирования, а также методы веб-программирования.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Впервые предложена концепция развиваемого проекта на основе облачной платформы для создания облачных ИС, поддерживающей разработку и интеграцию всех компонентов ИС.

2. Разработаны модель информационных ресурсов ИС, структура которых специфицируется на логическом языке, обладающем согласованной логической и порождающей семантиками, модель решателей задач ИС в виде системы повторно-используемых агентов, взаимодействующих посредством сообщений, методы обеспечения конfluenceности решателей задач, модель веб-интерфейса ИС.

3. Впервые разработаны облачные методы реализации логической семантики языка описания структуры информационных ресурсов ИС; методы управляемого распараллеливания сервисов, обеспечивающие их конfluenceность; а также методы интеграции компонентов облачных ИС.

4. Разработана технология создания облачных ИС, учитывающая специфику облачной платформы, и её инструментальная поддержка.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Практическая значимость полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что разработанная облачная платформа IASaaS позволяет создавать, сопровождать и использовать ИС различного назначения с применением разработанной технологии и инструментальных средств.

На основе этой платформы и с использованием предложенной технологии разработаны инструментальные средства: информационно-административная система платформы; универсальный редактор онтологий, баз знаний и других информационных ресурсов, реализующий порождающую семантику языка описания структуры информационных ресурсов, ориентированный на работу экспертов без посредников; визуализатор информа-

ционных ресурсов; генератор облачных ИС; генератор агентов; загрузчик кода агентов; прогонщик тестов для тестирования агентов.

Кроме того, разработанная в диссертации платформа, предложенная технология и её инструментальная поддержка использованы сотрудниками лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН при создании облачных прикладных ИС, в том числе средств разработки профессиональных виртуальных облачных сред, компьютерных обучающих тренажёров по классическим методам исследования в офтальмологии, виртуальной химической лаборатории, виртуальной модели городского района, облачной базы данных по диагностике трансформаторов.

Решение задач диссертационной работы выполнялось в рамках следующих научных проектов и программ: РФФИ 10-07-00090-а («Интеллектуальные многоагентные системы для управления распределенной обработкой онтологий, знаний и данных»), РФФИ 10-07-00089-а («Управление концептуальными метаонтологиями, онтологиями, знаниями и данными в интеллектуальных системах»), РФФИ 13-07-00024-а («Облачная платформа для создания и использования интеллектуальных сервисов»), ДВО РАН 12-II-УО-01И-001, по интеграционному проекту с Уральским отделением РАН («Облачная платформа для разработки и использования пакетов прикладных программ и интеллектуальных систем»), ДВО РАН 09-I-ОЭМПУ-02, программа №15 фундаментальных исследований ОЭМПУ «Управление движением, теория сложных информационно-управляющих систем» («Модели мультиагентных систем для управления распределенной обработкой информации»), ДВО РАН 09-I-П2-04, программа №14 Президиума РАН «Интеллектуальные информационные технологии, математическое моделирование, системный анализ и автоматизация» («Развитие систем управления базами знаний с коллективным доступом»).

Положения, выносимые на защиту:

1. Общая концепция развиваемого проекта на основе облачной платформы для создания облачных ИС, поддерживающая разработку и интеграцию всех компонентов ИС.

2. Модели информационных ресурсов, решателей задач и интерфейсов облачных ИС.

3. Методы реализации облачной платформы, фонда, информационных ресурсов, решателей задач и интерфейсов облачных ИС.

4. Технология разработки облачных ИС и её инструментальная поддержка на облачной платформе.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечиваются корректным применением использованных в работе методов исследования и подтверждаются эффективным практическим применением предложенных в диссертации моделей, методов и программных средств.

Апробация работы.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии и системы» (г. Улан-Удэ, 2010), международная научно-техническая конференция «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» OSTIS-2011 (г. Минск, 2011), международный конгресс по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'12» (г. Москва, 2012), Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления» (г. Хабаровск, 2013), Proceedings of the Distributed Intelligent Systems and Technologies Workshop (DIST'2013) (г. Санкт-Петербург, 2013), Конкурсе научных работ молодых учёных и специалистов ИАПУ ДВО РАН (г. Владивосток, 2010), а также на семинарах лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН (2010 – 2013 гг.).

Публикация результатов работы.

По материалам диссертации опубликовано 12 работ, из них 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего 91 наименование, и 4 приложений. Основное содержание работы изложено на 173 страницах машинописного текста и содержит 73 рисунка.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выполненных в диссертации исследований, сформулированы цель и задачи работы, рассмотрены научная новизна, практическая ценность результатов, приведены сведения об апробации и реализации основных положений диссертации, изложена структура диссертационной работы.

Первая глава содержит обзор литературы. В ней даны определения ИС, облачных вычислений, облачных платформ и облачных ИС. Проведён анализ современного состояния исследований в области разработки интеллектуальных систем и в области разработки облачных платформ. Рассмотрены существующие программные системы для создания ИС. На основе проведённого обзора литературы определены цель и основные задачи диссертационной работы.

Во второй главе сформулирована основная цель **проекта IASaaS**: накопление интеллектуальных сервисов и информационных сущностей разного рода в едином информационно-программном пространстве, называемом **Фондом**. Фонд предназначен для непрерывного развития: в нем могут появляться новые сервисы, новые информационные единицы, обрабатываемые сервисами, существующие сервисы улучшаться, неактуальные — удаляться. Приведены требования к проекту:

1. Обеспечение доступа через Интернет к функциональности интеллектуальных систем без передачи пользовательских версий. Эта идея является одной из основополагающих для технологии облачных вычислений — предоставление пользователям сервисов вместо предоставления им непосредственно версий программных систем для установки на их компьютерах. Дополнительное преимущество от использования данной технологии — возможность управления интеллектуальными системами в процессе их жизненного цикла, что подразумевает изменение с помощью высокоуровневых механизмов функциональных свойств интеллектуальных систем в соответствии с постоянно изменяющимися текущими требованиями пользователей, условиями эксплуатации, знаниями предметной области.

2. Создание единой среды для функционирования интеллектуальных систем, инструментальных средств разработки и управления ими. Опыт разработки ИС показывает, что средства разработки интеллектуальных систем и управления ими, как правило, также являются интеллектуальными системами; кроме того, прикладные и инструментальные интеллектуальные системы в ряде случаев используют одни и те же общие информационные ресурсы, а значит, с точки зрения функционирования, между ними нет различия. Поэтому прикладные и инструментальные интеллектуальные системы могут функционировать в единой среде.

3. Поддержка контролируемого доступа к функциональным возможностям программно-информационного комплекса и единой системы администрирования правами на использование прикладных и инструментальных систем.

4. Поддержка идеологии накопления и развития как интеллектуальных и инструментальных систем в целом, так и отдельных их компонентов. Контролируемый доступ и единая система администрирования программно-информационным комплексом, направлены на реализацию идеологии накопления и развития как непосредственно «законченных» прикладных и инструментальных интеллектуальных систем, так и отдельных их компонентов, на основе которых могут быть созданы новые прикладные и инструментальные интеллектуальные системы. Такими «отдельными» компонентами, прежде всего, являются информационные ресурсы различных уровней общности (базы знаний и данных, онтологии и метаонтологии); агенты, являющиеся составной частью решателей задач и выполняющие общие, независимые от конкретной системы вычисления над данными; операции над информационными ресурсами, сохраняющие их целостность; шаблонные компоненты пользовательского интерфейса, которые могут быть как проблемно-зависимыми, так и не зависеть от специфики задачи, а определяться требованиями удобства использования.

5. Создание условий для кооперативной деятельности пользователей интеллектуальных систем, экспертов, инженеров знаний, управляющих интеллектуальными системами, и программистов. Развитием этой концепции явля-

ется поддержка кооперативной деятельности всех её участников, которая может проявляться не только в создании повторно используемых программных и информационных компонентов, но и управлении уже находящимися в эксплуатации программными средствами на основе результатов мониторинга процесса их использования.

Программная система, лежащая в основе проекта, называется **Платформой IACPaaS** (или просто Платформой). Таким образом, проект IACPaaS — это перманентный процесс развития Фонда, а Платформа IACPaaS есть программная поддержка для этого проекта, которая, будучи один раз созданной, дальше подвергается только сопровождению.

Платформа должна предоставлять услуги доступа:

- специалистам различных предметных областей к функциональности интеллектуальных систем;
- разработчикам интеллектуальных систем к средствам их разработки (проблемно-ориентированным и проблемно-независимым);
- управляющим интеллектуальными системами — к средствам управления ими.

Разработчиками и управляющими интеллектуальных систем могут выступать коллективы для создания интеллектуальных систем в различных предметных областях и управления ими.

Структурно, платформа IACPaaS состоит из трёх основных программных компонентов (рис. 1): сайта, виртуальной машины и Фонда.

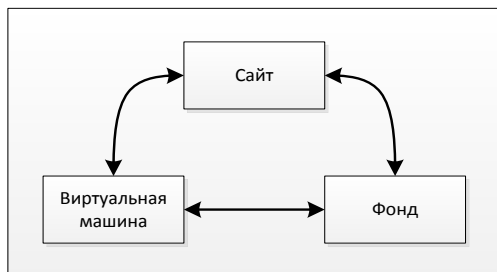


Рис. 1. Концептуальная архитектура проекта IACPaaS

Сайт предназначен для всех пользователей проекта. Через него они могут просматривать доступное им содержимое Фонда и использовать его функциональность.

Основными функциями Фонда программно-информационного комплекса является аккумуляция в едином информационном пространстве информационных ресурсов различных типов, а также поддержка их коллективного развития в различных предметных областях для решения задач в практической, научной и образовательной деятельности.

Информационные ресурсы фонда могут быть проблемно-зависимыми и проблемно-независимыми. Проблемно-зависимыми являются прикладные интеллектуальные системы, онтологии и метаонтологии предметных областей, базы знаний и данных. Проблемно-независимыми являются инструментальные системы, предназначенные для создания интеллектуальных систем в различных предметных областях и управления ими, а также проблемно-независимые информационные ресурсы, например, онтологии пользовательского интерфейса.

Программные компоненты — агенты, сервисы (в том числе интеллектуальные) — также представляются информационными ресурсами со специальным содержанием.

Виртуальная машина проекта IACPaaS состоит из трёх программных модулей: процессора информационных ресурсов, процессора решателей задач и процессора пользовательских интерфейсов, каждый из которых представляет собой набор функций для поддержки соответствующих компонентов интеллектуальных систем (рис. 2)

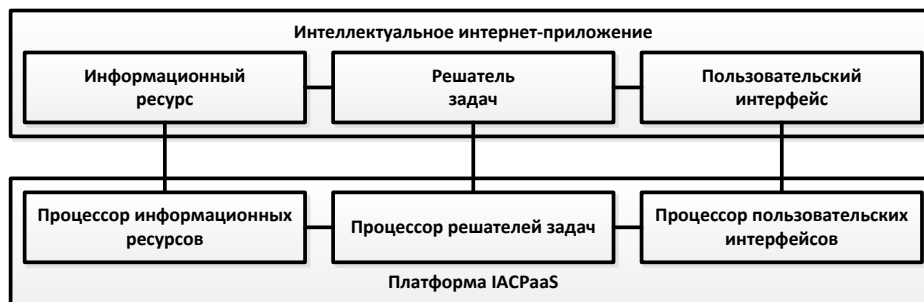


Рис. 2. Связь виртуальной машины с интеллектуальной системой

Процессор информационных ресурсов представляет собой набор функций обработки информационных ресурсов, доступный разработчикам и сопровождающим программных компонентов, хранимых в фонде. Процессор решателей задач обеспечивает запуск полномочий пользователей и средств администрирования, их завершение, приостановку и возобновление выполнения, осуществляет выполнение кода решателей задач, взаимодействие между его компонентами, реализованными как совокупность агентов. Процессор пользовательского интерфейса обеспечивает диалог с пользователем на основе информации из его модели и информации, полученной от решателя задач.

Модель информационных ресурсов. Для представления информационных ресурсов разного уровня общности разработана модель, которая должна удовлетворять следующим принципиальным требованиям: информационные ресурсы разных уровней общности должны представляться семантическими сетями; спецификация классов информационных ресурсов должна задаваться метайнформацией; каждой вершине информационного ресурса должна соответствовать одна и только одна вершина метайнформации, множество исходящих дуг метайнформации должно соответствовать множеству порождённых исходящих дуг информации; метайнформация должна использоваться для управления пользовательским интерфейсом при порождении или редактировании соответствующего ей информационного ресурса; метайнформация должна содержать средства для указания повторно-используемых фрагментов других информационных ресурсов с подходящей структурой.

В соответствии с требованиями разработана модель информационных ресурсов (инфоресурсов). Всё множество инфоресурсов разделено на классы, определяемые метаинформациями. Каждый такой класс инфоресурсов порождается исчислением, аксиомой которого является начальная вершина графа метаинформации, а правила порождения определяются метаинформацией.

Для определения множества метаинформаций введено исчисление формул метаинформаций. Формулы с поименованной начальной вершиной есть метаинформации.

Формулы имеют логическую семантику: формула истинна для тех и только тех инфоресурсов, которые принадлежат классу, задаваемому этой метаинформацией.

Формулы также имеют порождающую семантику: начальным состоянием порождающего процесса является инфоресурс, единственная вершина которого является активной; с каждой вершиной порождаемого инфоресурса связывается формула метаинформации; на очередном шаге порождающего процесса из множества активных вершин выбирается одна, из которой выполняется очередной шаг порождения в соответствии с формулой, связанной с этой вершиной; при этом вершина, из которой выполнен шаг порождения, перестаёт быть активной, но могут возникнуть новые активные вершины; порождающий процесс заканчивается, когда в порождаемом графе нет ни одной активной вершины.

Логическая и порождающая семантики метаинформации связаны следующим естественным условием — по каждой формуле метаинформации может быть порождено множество тех и только тех информационных ресурсов, относительно которых эта формула истинна. На рис. 3 представлен пример метаинформации для инфоресурсов «База наблюдений».

Модель решателя задач. Для реализации решателей задач интеллектуальных сервисов выбран агентно-ориентированный подход: программная система (интеллектуальный сервис) представляется как совокупность агентов, взаимодействующих между собой посредством передачи сообщений. Агент является совокупностью продукций. Сообщения одного типа активируют одни и те же блоки продукций. В результате активизации блоков продукций вычисляются новые данные, посылаются новые сообщения, приводящие к активации других агентов и т.д. Проектирование сервиса сводится к повторному использованию уже существующих в Фонде агентов и, при необходимости, созданию новых агентов.

Передача сообщений является недетерминированным процессом в том смысле, что прикладной программист не должен полагаться на определённый порядок обработки сообщений.

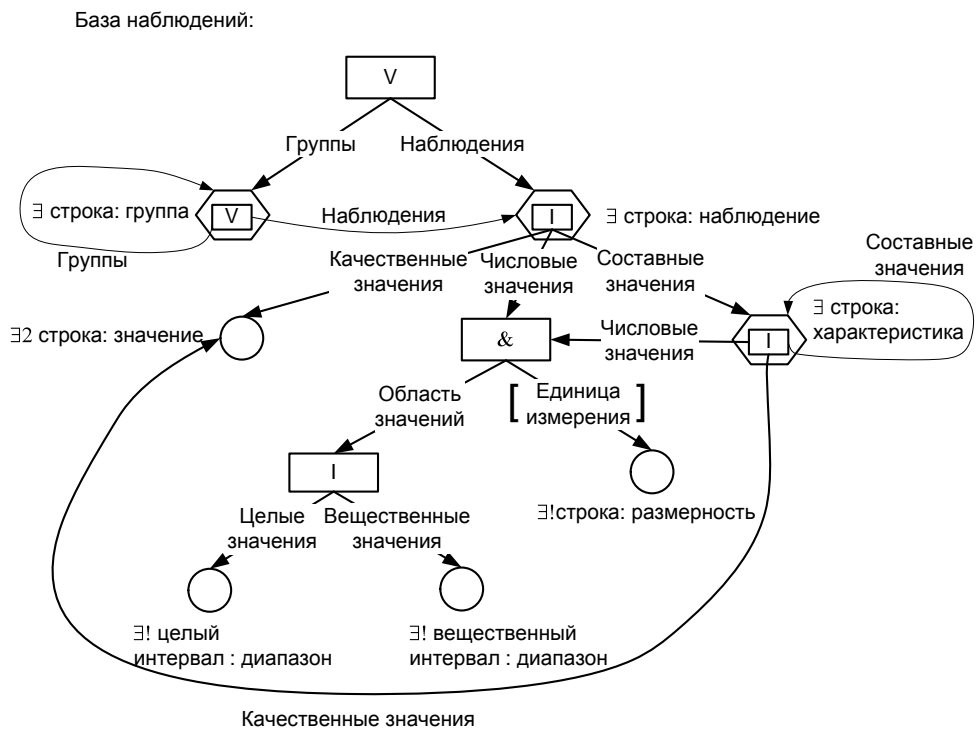


Рис. 3. Пример метаинформации

Для определения неконфлюентности сервисов, порождаемой проблемой недетерминизма, вводится понятие корректности результата его работы, понятие истории обработки сообщений, простая последовательная модель решателя, а также понятие функции выборки сообщений η , которая задаёт некоторый порядок выбора сообщений для обработки. Доказана следующая теорема: Если в вычислительном процессе истории обработки всех переменных памяти корректны при некоторой функции η выбора сообщений, то результат вычислительного процесса корректен при любой функции η . Рассматривается также модель с параллельными процессами, и показывается, что теорема применима и к данной модели в условиях состояния гонки.

Модель интерфейса. К модели предъявляются следующие требования: в рамках модели должна быть разработана концепция абстрактного интерфейса, который можно использовать для поддержки взаимодействия с веб-интерфейсами; веб-интерфейс должен интегрироваться в страницы CMS “MediaWiki” и поддерживать интерактивное взаимодействие.

За основу модели интерфейса взята концепция «MVC» (Model-View-Controller, Модель-Вид-Контролёр), при этом компоненту «Модели» соответствуют инфоресурсы Фонда, компонент «Контролёр» представлен агентом «интерфейсный контролёр», компонент «Вид» представлен «интерфейсным агентом». «Интерфейсный контролёр» осуществляет управление интерфейсом, а «интерфейсный агент» является промежуточным между веб-сервером и сервисом. Модель интерфейса построена так, что разработчику сервиса необходимо реализовывать только интерфейсный контролёр.

Абстрактный интерфейс представляется метаинформацией на рис. 4. Метаинформации для описания конкретных интерфейсных элементов получаются расширением метаинформации «Интерфейсный элемент».

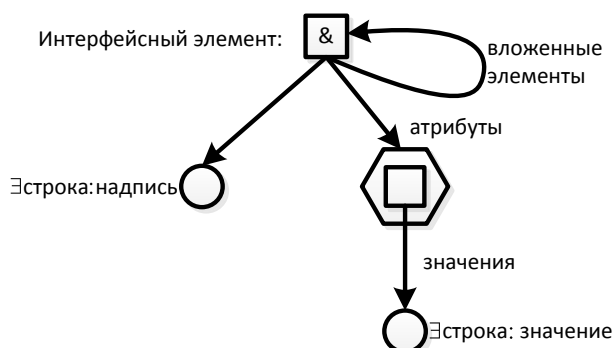


Рис. 4. Метаинформация «Интерфейсный элемент»

Взаимодействие компонентов модели осуществляется следующим образом: пользователь взаимодействует с веб-браузером, веб-браузер передаёт запрос веб-серверу, а тот взаимодействует с интерфейсным агентом. Интерфейсный агент формирует сообщение для агентной системы и отправляет его интерфейсному контроллеру, который определяет способ его

обработки. В результате обработки этого сообщения формируется новое, результирующее, которое передаётся интерфейсному агенту. Результирующее сообщение содержит описание абстрактного интерфейса, которое преобразуется интерфейсным агентом в HTML-текст и отправляется веб-серверу, а тот отправляет его браузеру, и тот визуализирует ответ пользователю.

В **третьей главе** диссертации определяется общая архитектура платформы IASaaS и методы реализации трёх процессоров её виртуальной машины.

В Платформе выделяются четыре уровня (см. рис. 5).

При помощи системного уровня поддержаны хранение и доступ к инфоресурсам, запуск и работа сервисов, а также взаимодействие с пользователем. Низкоуровневый функционал этого уровня недоступен пользователям напрямую, но используется для осуществления функционирования сервисов. Кроме того, этот функционал используется для утилит сопровождения. На библиотечном уровне располагаются компоненты сервисов — агенты и инфоресурсы. На сервисном уровне вводятся сервисы как совокупности взаимодействующих агентов. Выделяются прикладные сервисы, создаваемые прикладными разработчиками для решения задач пользователей, и системные сервисы, необходимые для поддержки технологии создания ИС и развития Фонда. Административная система позволяет пользователю запустить прикладной сервис или создать новый сервис (прикладной или системный) посредством запуска системных сервисов.

Платформа осуществляет выполнение сервиса посредством трёх процессоров (рис. 6): процессора пользовательского интерфейса (ППИ), процессора решателей задач (ПРЗ) и процессора инфоресурсов (ПИР).

Пользователь взаимодействует с сервисом через ППИ. Агенты сервиса взаимодействуют друг с другом посредством ПРЗ. В процессе работы агент

может получать доступ к данным в инфоресурсах (получение из них информации и модификация) через ПИР.

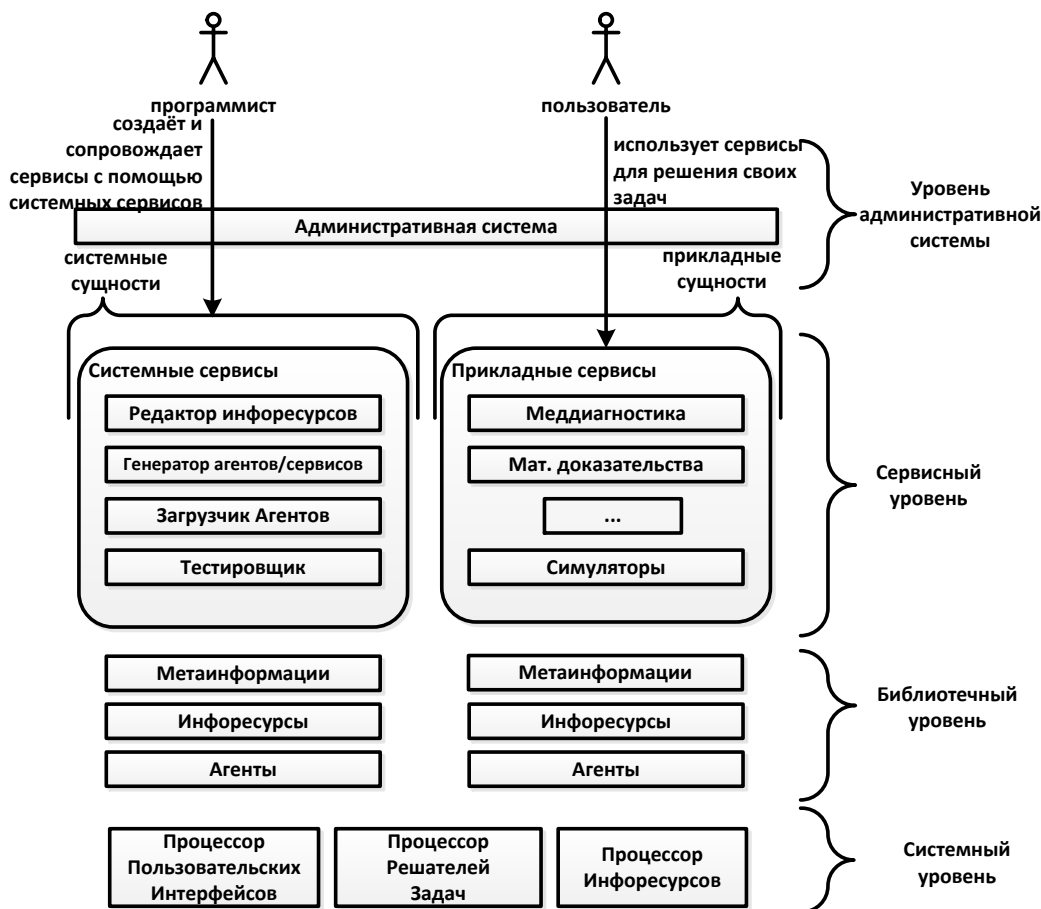


Рис. 5. Концептуальная архитектура Платформы IASaaS

Методы реализации ПИР. ПИР должен поддерживать модель, представленную во второй главе диссертации, а также удовлетворять требованиям надёжности и эффективности. Он должен предоставлять программный интерфейс, поддерживающий логическую семантику модели. Полный список требований приведён в тексте диссертации.

ПИР состоит двух модулей. Модуль хранения предоставляет программный интерфейс для доступа к хранилищу инфоресурсов. Он реализует также сборку мусора (удаление временных инфоресурсов) и поддержку транзакций.

Вторым является модуль представления, он реализует программный интерфейс для семантически-непротиворечивого взаимодействия с хранилищем. Модуль представления предоставляет высокоуровневые программные интерфейсы для остальных модулей Платформы, такие как «инфоресурс», «метаинформация», «понятия», «метаконятия», «отношение». Кроме того, модуль представления поддерживает соответствие между метаинформацией и порождёнными инфоресурсами таким образом, чтобы любой порождённый инфоресурс синтаксически соответствовал метаинформации.

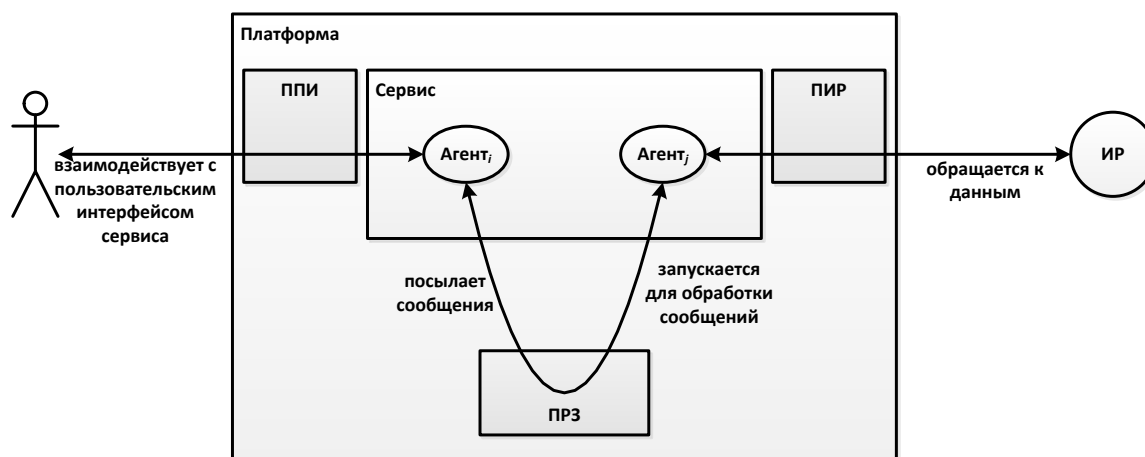


Рис. 6. Архитектурно-контекстная диаграмма сервисов

Методы реализации ПРЗ. ПРЗ должен поддерживать модель, представленную во второй главе диссертации, удовлетворять требованиям надёжности и эффективности; должен предоставлять диагностическую информацию для отладки сервиса. Полный список требований приведён в тексте диссертации.

Структурно ПРЗ устроен как набор уровней:

1. Общесистемный уровень: представлен контентом и решателями задач при поддержке Административной системы и CMS “MediaWiki”.

2. Сервисный уровень: здесь рассматриваются сервисы, полномочия запуска сервисов, а также детали поддержки Административной системы.

3. Агентный уровень, на котором рассматривается функционирование агентов в контексте сервиса и окружения вообще, в частности, рассмотрен вопрос взаимодействия с внешними системами и платформами.

4. Блокопродукционный уровень, где рассматривается функционирование агента при обработке сообщения, а также его внутреннее устройство.

5. Уровень процессов: рассматриваются функционирование процессов: подготовка всей системы к запуску, связывание процессов друг с другом, запуск агентов внутри процессов и т.п.

6. Уровень ПИР. ПРЗ в своём функционировании опирается на возможности, предоставляемые ПИР для синхронизации инфоресурсов.

В проекте ПРЗ определяется структура сервиса, представленная как инфоресурс со следующей структурой (рис. 7).

Методы реализации ППИ. Интерфейсное взаимодействие устроено следующим образом: в MediaWiki вводится специальное расширение — тег `{{ui}}` (у которого могут быть параметры). Когда MediaWiki, формируя HTML-представление по этой wiki-странице, запрошенной пользователем, встречает такой тег, она формирует запрос интерфейвному агенту и ожидает от него ответ. Полученный ответ MediaWiki размещает его вместо этого тега `{{ui}}` и продолжает обработку wiki-страницы дальше, получая в результате HTML-файл, который передаётся веб-браузером пользователю. Таким обра-

зом, пользователь видит wiki-страницу с внедрёнными в неё интерфейсными элементами Платформы.

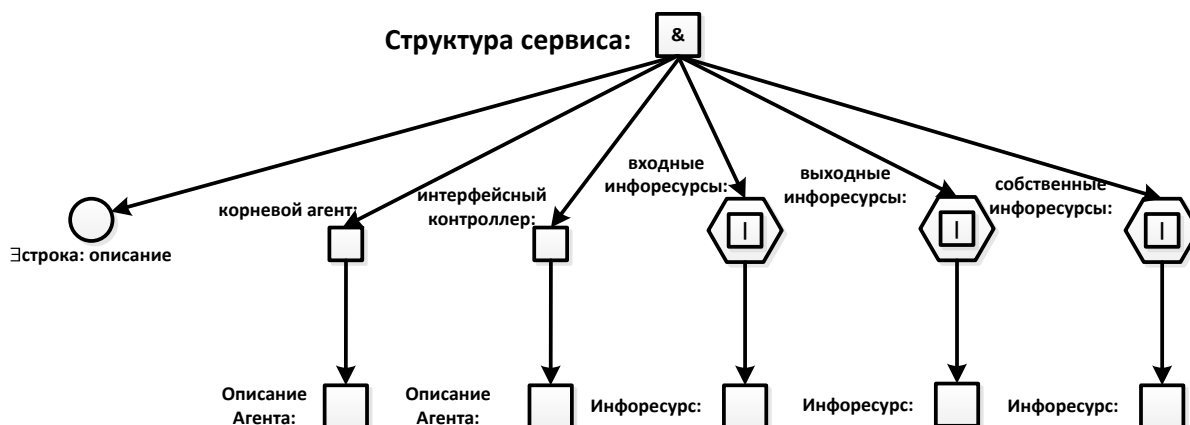


Рис. 7. Метаинформация «Структура сервиса»

Интерфейсный агент, обращаясь к контексту запущенного сервиса, определяет интерфейсный обработчик, преобразует запрос от MediaWiki в сообщение агентной системы и передаёт сообщение интерфейсному агенту. Дождавшись сообщения, в котором содержится абстрактный интерфейс, интерфейсный агент преобразует его в HTML-текст, который далее MediaWiki вставит вместо тега `{{ui}}`.

Платформой поддерживается отображение Flash-плагинов, запуск JavaScript и их взаимодействие с системой через инфоресурсы, представленные в виде JSON.

ПИР предоставляет разработчику агентов программный интерфейс для создания абстрактного интерфейса: для каждого типа интерфейсных элементов введены функции создания соответствующего фрагмента абстрактного интерфейса, такие как `button()`, `checkbox()`, `form()`, `text()` и т.д. Эти функции упрощают создание фрагментов интерфейса, за одним вызовом скрывая построение соответствующего поддерева инфоресурса и заполнение его свойств. Тем самым упрощается создания абстрактного интерфейса, код создания интерфейса становится более понятным и, следовательно, более сопровождаемым.

В четвёртой главе описывается технология разработки сервисов и агентов.

Разработка сервиса состоит из шести традиционных этапов: разработка требований, проектирование (с учётом того, что сервис есть набор взаимодействующих агентов), специфицирование, разработка недостающих или модификация существующих компонентов (инфоресурсов и агентов сервиса) для повторного использования, тестирование и отладка, ввод в эксплуатацию. Более подробно каждый из этих этапов описан в тексте диссертации.

Разработка агента состоит из следующих этапов: разработка требований к агенту, проектирование, специфицирование, кодирование, тестирование и отладка, ввод в эксплуатацию. Каждый из этапов более подробно рассмотрен в тексте диссертации.

Технология поддержана следующим инструментарием (все описанные инструменты также являются сервисами, работающими на Платформе):

- Редактор и визуализатор инфоресурсов и метаинформации. Предназначен для просмотра, изменения инфоресурсов и метаинформаций, а также для порождения инфоресурсов по метаинформациям. Первая версия сервиса разработана автором диссертации; сопровождение осуществляется Ф. М. Москаленко и В. А. Тимченко.

- Прогонщик тестов агента. Предназначен для тестирования агентов Фонда, которое заключается в запуске тестируемого агента с заранее заданным контекстом и сравнении полученного результата с ожидаемыми. Разработан М.Б. Тютюнником под руководством Е.А. Шалфеевой. Отладка и дальнейшее сопровождение осуществляется Ф.М. Москаленко и В.А. Тимченко под руководством Е.А. Шалфеевой.

- Генератор кода агента. Этот сервис автоматизирует создание кода с подходящей структурой (требования к этой структуре определены в приложении к тексту диссертации) Код для генерации кода агента по инфоресурсу разработан автором диссертации. Набор агентов и собственно сервис разработаны Ф.М. Москаленко и В.А. Тимченко

- Загрузчик байткода агентов. Предназначен для размещения скомпилированного кода реализации агентов и сообщений (байткода) в Фонд. Код для загрузки кода агента разработан автором диссертации. Набор агентов и собственно сервис разработаны Ф.М. Москаленко и В.А. Тимченко.

Особо следует отметить информационно-административную систему (ИАС), которая контролирует доступ пользователей (в зависимости от прав, выданных пользователю администратором) к ресурсам Фонда и предоставляет информацию по различным аспектам системы. Концепция ИАС (заявкооборот, запуск полномочий, взаимодействие с пользователем с помощью Wiki) разработана автором диссертации. Проектирование, кодирование и сопровождение осуществляется Ф.М. Москаленко и В.А. Тимченко под руководством А.С. Клещёва и В.В. Грибовой.

В завершении четвёртой главы приведена информация о ряде прикладных сервисов, реализованных на платформе Л.А. Федорищевым в рамках его диссертационной работы:

- Графический редактор трёхмерных сцен, предназначенный для создания, изменения, просмотра визуального отображения декларативной модели виртуальной среды, представленной в виде инфоресурса.

- Интерпретатор виртуальных сред, предназначенный для отображения и функционирования виртуальной среды в соответствии с декларативной моделью, представленной в виде инфоресурса.

- Компьютерный обучающий тренажёр по офтальмологии, который включает обучающие задания по классическим методам исследования в офтальмологии: обучение студентов определению остроты зрения по таблицам, определению остроты зрения по оптотипам Б.Л. Поляка.
- Виртуальная химическая лаборатория. Предназначена для визуализации проведения химических опытов и экспериментов из школьной практики, описанных в декларативной модели, в программной виртуальной среде.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработаны основные требования к проекту IASaaS как непрерывному процессу совершенствования Фонда, поддержанного Платформой. Приведены концептуальная архитектура проекта IASaaS. Предложена концепция Платформы, состоящей из Фонда, как хранилища инфоресурсов, сервисов и агентов, сайта как средства доступа к ресурсам Платформы и виртуальной машины для выполнения функциональности Платформы и сервисов.

2. Предложена модель инфоресурсов как особого вида семантических сетей, структура которых задаётся метаинформацией, которая также является семантической сетью особого вида. Для описания множества метаинформаций введено исчисление формул метаинформаций, имеющих логическую семантику: формула истинна для тех и только тех инфоресурсов, которые принадлежат классу, задаваемому этой метаинформацией. Формулы также имеют порождающую семантику, которая задаёт процесс порождения инфоресурсов как исчисление. Введена модель решателя задач как взаимодействующих с помощью недетерминированного обмена сообщениями агентов. Для разрешения неконфликтности результата, порождаемой проблемой недетерминизма, введено понятие корректности результата работы, понятие истории обработки сообщений и последовательная модель решателя. Показано, что нарушение корректности результата следует из некорректности истории обработки сообщений. Поэтому некорректность прогона решателя можно обнаружить по некорректности его истории обработки сообщений. Введена параллельная модель решателя и показано, что данное доказательство применимо так же и к параллельной модели решателя. Разработана модель интерфейса из трёх модулей: интерфейсного агента, интерфейсного контролёра и агентов сервиса. Предложено декларативное представление абстрактного интерфейса.

3. Разработана концептуальная архитектура платформы IASaaS, состоящая из четырёх уровней: системного, библиотечного, сервисного уровней и административной системы. Предложен способ поддержки работы сервисов в контексте трёх процессоров: процессора пользовательских интерфейсов, процессора информационных ресурсов, процессора решателей задач. Выдвинуты требования: для процессора инфоресурсов и его программному интерфейсу; для процессора решателей задач; для процессора пользовательских интерфейсов. Предложен способ реализации процессора инфоресурсов. Раз-

работаны методы реализации модуля представления (предоставляющий программный интерфейс), который поддерживает логическую семантику метаинформации/информации, предложенную в работе. Разработаны методы реализации процессора решателя задач как многоуровневой структуры, выделено пять уровней: общесистемный, сервисный, агентный, блокопродукционный, процессов. Разработаны методы реализации процессора пользовательских интерфейсов. Введено понятие интерфейсного агента, как преобразователя абстрактного интерфейса в конкретный, интерфейсного контролёра, как диспетчера сообщений.

4. Предложена технология разработки сервисов, состоящая из шести этапов. Для разработки сервиса необходимо разработать (или повторно использовать) подходящие агенты, инфоресурсы и метаинформацию. Предложена технология разработки агентов. Описаны системные инструментальные сервисы, которые используются для поддержания разработки прикладных сервисов: редактор, используемый как для создания метаинформаций и инфоресурсов, прогонщик тестов, генератор и загрузчик кода агентов. Описан ряд прикладных сервисов, разработанных с использованием Платформы: два инструментальных сервиса: графический редактор трёхмерных сцен, построенный на его основе интерпретатор виртуальных сред, три прикладных сервиса: компьютерный обучающий тренажёр по офтальмологии, виртуальная химическая лаборатория, модель городского района.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А. Контекстно-свободные грамматики искусственных языков // **Научно-техническая информация.** Сер.2. 2013. №4. С.9-17.

2. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А. Контекстно-зависимые грамматики искусственных языков // **Научно-техническая информация.** Сер.2. 2013. № 6. С. 1-9.

3. Клещев А.С., Крылов Д.А. Корректность результата вычислений в условиях состояния гонки // **Информатика и системы управления.** 2013. №3(37). С. 99-109.

4. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М., Смагин С.В., Тимченко В.А., Тютюнник М.Б., Шалфеева Е.А. Проект IASPaas. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений // **Искусственный интеллект и принятие решений.** 2011. № 1. С.27-35.

5. Клещев А.С., Грибова В.В., Шалфеева Е.А., Крылов Д.А., Смагин С.В., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Тютюнник М.Б. Использование технологии облачных вычислений для разработки и управления интеллектуальными системами. — ИАПУ ДВО РАН, Владивосток, 2010, 18 с.

6. Gribova V.V., Kleshchev A.S., Krylov D.A. The context-free grammars of artificial languages // **Automatic Documentation and Mathematical Linguistics.** 2013. Vol. 47. N 2. Pp. 59-67.

7. Gribova V.V., Kleshchev A.S., Krylov D.A. Context-Dependent Grammars of Artificial Languages // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. 2013. Vol. 47. N 3. Pp. 93-101.

8. Грибова В.В., Клещёв А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Шалфеева Е.А., Созыкин А.В. Платформа для разработки интеллектуальных мульти-агентных интернет-сервисов // Материалы всероссийской науч.-практ. конф. «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления». - Хабаровск. – С. 95-104.

9. Valeria Gribova, Aleksander Kleshev, Dmitry Krylov, Philip Moskalenko, Vadim Timchenko, Elena Shalfeyeva, Michael Goldstein. A software platform for the development of intelligent multi-agent internet-services // Proceedings of the Distributed Intelligent Systems and Technologies Workshop (DIST'2013). - Petersburg, Russia. – Pp. 29-36.

10. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Шалфеева Е.А. Агентный подход к разработке интеллектуальных Интернет-сервисов // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'12». - М.: Физматлит, 2012. Т.1. - С. 218-223.

11. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М., Смагин С.В., Тимченко В.А., Тютюнник М.Б., Шалфеева Е.А. Облачная платформа для разработки и управления интеллектуальными системами // Международная научно-техническая конференция «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2011). - Минск: БГУИР. 2011. С. 5-14.

12. Крылов Д.А. Облачная платформа для создания и управления интеллектуальными интернет-сервисами // Инфокоммуникационные и вычислительные технологии и системы: материалы III Международной конференции. – Улан-Удэ: изд-во Бурятского госуниверситета, 2010. С. 180-183.

Личный вклад автора. Все результаты, составляющие основное содержание диссертации, получены автором самостоятельно. В работах [1,2] автору принадлежит разработка модели инфоресурсов и её реализация в виде процессора информационных ресурсов. В работе [3] автору принадлежит доказательство теоремы, а также реализация прототипа модуля синхронизации инфоресурсов. В работах [4-11] автору принадлежит концептуальная архитектура и реализация, а также разработка технологии создания агентов и сервисов.

Крылов Дмитрий Александрович

Модели и методы реализации облачной платформы для разработки и использования интеллектуальных систем

Автореферат

Подписано к печати: __.__.2014 Усл. печ. л. 1,0 Уч.-изд. л. 0,8

Формат 60x84/16 Тираж 100 Заказ __

Издано ИАПУ ДВО РАН. Владивосток, Радио, 5

Отпечатано участком оперативной печати ИАПУ ДВО РАН

Владивосток, Радио, 5