



OSTIS-2016

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.89

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ РЕШАТЕЛЕЙ ЗАДАЧ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ IACPaaS НА ОСНОВЕ РАСШИРЯЕМОГО РЕДАКТОРА ОРГРАФОВ ИНФОРМАЦИИ

Москаленко Ф.М., Тимченко В.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия

philipmm@iacp.dvo.ru

vadim@dvo.ru

В работе описана специализированная технология разработки решателей задач интеллектуальных систем для облачной платформы IACPaaS – на основе расширяемого редактора орграфов информации. Разработка ведётся с использованием инструментальных сервисов платформы. Технология направлена на снижение за счет ее применения трудоемкости разработки интеллектуальных систем как облачных мульти-агентных сервисов.

Ключевые слова: интеллектуальные системы; мульти-агентные системы; агентно-ориентированное программирование; облачные сервисы.

Введение

В настоящее время можно констатировать отсутствие принятой в качестве стандарта технологии, позволяющей разрабатывать жизнеспособные интеллектуальные системы (ИС), доступные широкому кругу пользователей. По-прежнему ощущается острая потребность в средствах разработки ИС, а также в повторном использовании компонентов ИС [Грибова и др., 2015a]. Для решения данных проблемных вопросов в области разработки и сопровождения жизнеспособных ИС в работах [Грибова и др., 2011, Gribova et al., 2013] предложена облачная платформа IACPaaS. Она предназначена для обеспечения поддержки разработки, управления и удаленного использования прикладных и инструментальных мультиагентных облачных сервисов (прежде всего интеллектуальных) и их компонентов для различных предметных областей. Платформа предоставляет доступ:

- прикладным пользователям (специалистам в различных предметных областях) (в качестве реализации модели SaaS) – к прикладным сервисам;
- разработчикам (в том числе коллективам):
 - разработчикам прикладных и инструментальных сервисов и их компонентов (в качестве реализации модели PaaS) – к инструментальным сервисам;

– управляющим интеллектуальными сервисами (в качестве реализации модели SaaS) – к сервисам управления.

Платформа IACPaaS поддерживает:

- базовую технологию разработки прикладных и специализированных инструментальных (интеллектуальных) сервисов с использованием базовых инструментальных сервисов платформы, поддерживающих эту технологию [Грибова и др., 2015a, Тимченко и др., 2015];
- множество специализированных технологий разработки прикладных и специализированных инструментальных (интеллектуальных) сервисов, с использованием специализированных инструментальных сервисов платформы, поддерживающих эти технологии.

Специализированные технологии (по сравнению с базовой) и инструментальные средства их поддержки с одной стороны, как правило, накладывают определенные ограничения (по области применения и/или классу решаемых задач) на разрабатываемые с их использованием сервисы, а с другой, за счет учета специфики проблемной области и/или класса решаемых задач, обеспечивают более высокоуровневую поддержку разработки последних. Одной из таких специализированных технологий является технология разработки интеллектуальных сервисов на основе *расширяемого редактора орграфов*

информации [Грибова и др., 2015b, Грибова и др., 2015c]. Она позволяет создать сервис, в полной мере обладающий функциональностью и пользовательским интерфейсом редактора орграфов информации, а также дополнительными функциональными и интерфейсными возможностями. К ним относятся, например, контекстно-зависимое редактирование информационных ресурсов, текстовое, табличное или графическое представление их фрагментов и т.д.

В данной работе описывается технология разработки *интегрированных решателей задач* ИС на основе расширяемого редактора орграфов информации. *Интегрированный решатель задач* включает в себя множество взаимодействующих между собой посредством обмена сообщениями агентов, пользовательский интерфейс, обрабатываемые собственные информационные ресурсы и информационные ресурсы, представляющие метainформацию обрабатываемых входных и выходных информационных ресурсов – формальных параметров.

1. Общие сведения о технологии

Технология разработки интегрированных решателей задач интеллектуальных сервисов на основе расширяемого редактора орграфов информации в общем случае включает те же этапы, что и базовая технология интегрированных решателей задач [Грибова и др., 2015а, Тимченко и др., 2015]:

1. разработка информационных ресурсов (обрабатываемых решателем задач);
2. разработка решателя задач интеллектуального сервиса и его связывание с формальными параметрами, собственными информационными ресурсами и пользовательским интерфейсом;
3. разработка агентов решателя задач;
4. разработка шаблонов сообщений;
5. разработка пользовательского интерфейса.

Отличия описываемой специализированной технологии от базовой состоят в следующем:

- на этапе 1 дополнительно должен быть разработан информационный ресурс специального вида (лежащий в основе механизма расширения редактора орграфов информации), называемый *таблицей соответствий*;
- на этапе 2 в качестве *Корневого агента* и агента *Интерфейсный контроллер* решателя задач должен быть указан агент специального вида, а в качестве первого собственного информационного ресурса должна быть указана *таблица соответствий*;
- на этапе 3 агенты, к которым выполняется запрос непосредственно через таблицу соответствий, разрабатываются с учетом специальных требований;

- на этапе 5 создается *стартовая wiki-страница* интегрированного решателя задач, содержимое которой в обязательном порядке должно включать в себя фиксированную часть, формируемую по определенным правилам.

2. Разработка таблицы соответствий

Таблица соответствий t_G – это орграф информации, описывающий конкретное расширение редактора орграфов информации. Она сопоставляет вершинам орграфа метainформации G обращения к агентам платформы IACPaaS для формирования/модификации в процессе редактирования орграфов информации g_1, \dots, g_n ($n \geq 1$) фрагментов последних или для отображения пользовательского интерфейса, отличного от предоставляемого редактором орграфов информации. Орграф, описывающий метainформацию таблиц соответствий, представлен на рисунке 1. Здесь и далее нотация рисунков, изображающих орграфы метainформации и информации, согласована с нотацией, используемой в работах [Грибова и др., 2015b, Грибова и др., 2015c]. Начальная вершина, имеющая метку «Структура таблиц соответствий», закрашена серым цветом. Названия сортов и метки терминальных вершин, представляющих константные значения некоторого сорта, изображены на рисунке курсивным начертанием. Спецификаторы дуг имеют следующие символьные обозначения: «копия» – «=», «возможное отсутствие» – «[=]», «в точности один» – «!», «непустая последовательность» – «^». Ограничители дуг имеют следующие символьные обозначения: «порождение» – «new», «ссылка» – «gef». Если из вершины выходит лишь одна дуга, то тип такого набора исходящих дуг – «список» – на рисунке не указывается. Вершины, представленные пунктирными прямоугольниками, принадлежат орграфу, представляющему другую метainформацию, в данном случае – орграфу метainформации, описывающему структуру агентов платформы IACPaaS. Символом Δ обозначен специальный тип вершин, семантика которого подробно описана в работе [Грибова и др., 2015c].

Для каждого обращения к агенту вершина «интерактивное» представляет логический признак, указывающий на необходимость получения информации от пользователя при работе блока продукции агента (при порождении и/или модификации значения вершины орграфа или подграфа информации g_i ($1 \leq i \leq n$), корневой вершиной которого она является). Если участие пользователя требуется, то данная вершина будет порождена при формировании таблицы соответствий t_G , в противном случае она порождаться не будет. Вершина «параметры» в t_G представляет собой корневую вершину произвольного орграфа метainформации, который описывает произвольное содержимое, которое будет передано стороннему агенту при обращении к нему.

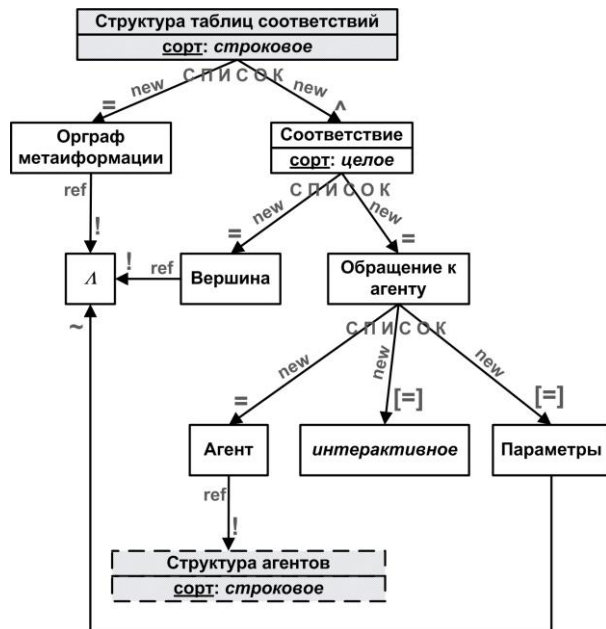


Рисунок 1 – Орграф метайнформации таблиц соответствий

Разработка информационного ресурса, как орграфа информации, представляющего конкретную таблицу соответствий, выполняется по схеме, описанной в работе [Грибова и др., 2015а]. В качестве метайнформации необходимо указать информационный ресурс «Структура таблиц соответствий».

3. Разработка решателя задач

Разработка решателя задач интеллектуального сервиса выполняется по схеме, описанной в работе [Грибова и др., 2015а]. Отличия, появляющиеся на этапе формирования в Фонде платформы IASPaas информационного ресурса (орграфа информации), представляющего декларативную спецификацию интегрированного (с информационными ресурсами, представляющими метайнформацию обрабатываемых информационных ресурсов – формальными параметрами, собственными информационными ресурсами и пользовательским интерфейсом) решателя задач, состоят в следующем:

- Корневой агент и агент Интерфейсный контроллер решателя задаются путем создания ссылок на информационный ресурс в Фонде платформы IASPaas, представляющий декларативную спецификацию агента «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов»;

- обрабатываемые информационные ресурсы задаются путем создания ссылок на информационные ресурсы, представляющие их метайнформацию (при этом агент «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов» выполняет отображение и модификацию первого (по порядку создания ссылок) информационного ресурса, в то время как остальные доступны для чтения и модификации сторонним агентам платформы IASPaas);

- в качестве первого собственного информационного ресурса необходимо указать (путем создания ссылки) информационный ресурс, представляющий конкретную таблицу соответствий;

- задать название стартовой wiki-страницы решателя задач на web-сайте платформы.

Интерфейс, формируемый агентом «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов», открывает пользователю доступ ко всем функциональным возможностям редактора орграфов информации по редактированию информации в структурном виде. А посредством обработки таблицы сообщений «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов» взаимодействует с описанными в ней агентами следующим образом.

При создании вершины v орграфа информации g , модификации/просмотре набора дуг, выходящих из вершины v , или модификации/просмотре ее значения, если вершина v соответствует вершине w орграфа метайнформации G , а в t_G из некоторой ее вершины u выходит дуга, входящая в вершину w , то выполняется обращение к заданному агенту (путем посылки сообщения) с соответствующими параметрами, сопоставленные вершине u таблицы соответствия t_G . «Неявными» параметрами, передаваемыми в сообщениях от агента «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов» агентам, на которые сделаны ссылки из t_G являются:

- при создании вершины v :
 - вершина v_0 орграфа информации g , являющаяся прямым предком вершины v ,
 - вершина w_0 орграфа метайнформации G , являющаяся прямым предком вершины w ,
 - дуга $w_0 \rightarrow w$ орграфа метайнформации G ;
- при модификации/просмотре набора дуг, выходящих из вершины v , или модификации/просмотре значения ее поля «значение»:
 - вершина v орграфа информации g ,
 - значение логического признака, указывающего на действие «модификация» или «просмотр».

Агент из t_G выполняет порождение или редактирование подграфа с корневой вершиной v или отображает пользовательский интерфейс. После завершения работы агента из t_G управление возвращается (также путем посылки сообщения) агенту «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов». Если подграф g' орграфа информации g корневой вершиной которого является вершина, прототипу которой из G в t_G сопоставлено обращение к агенту, отображается (возможно, в отличном от структурного представлении) через интерфейс, генерируемый этим агентом, то также имеется возможность просмотреть g' через «стандартный» интерфейс, предоставляемый агентом «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов».

4. Разработка агентов

Разработка каждого агента решателя задач интеллектуального сервиса выполняется по схеме, описанной в работе [Тимченко и др., 2015]. Специальные требования при разработке агентов, непосредственно взаимодействующих с агентом «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов» через таблицу соответствий, состоят в том, что в множестве их блоков продукции в обязательном порядке должны присутствовать:

- блок продукции, выполнение которого инициируется сообщениями, сформированными по шаблону «Шаблон Сформировать подсеть»;
- блок продукции, выполнение которого инициируется сообщениями, сформированными по шаблону «Шаблон Обработать подсеть»;
- блок продукции, множество шаблонов выходных сообщений (сообщений, создаваемых в процессе выполнения данного блока продукции агента и рассылаемых адресатам после завершения его выполнения) которого должно содержать шаблон «Шаблон Результат формирования подсети»;
- блок продукции, множество шаблонов выходных сообщений (сообщений, создаваемых в процессе выполнения данного блока продукции агента и рассылаемых адресатам после завершения его выполнения) которого должно содержать шаблон «Шаблон Результат обработки подсети».

Последние два блока продукции могут быть суть одним и тем же блоком. Сообщения по шаблону «Шаблон Результат формирования подсети» («Шаблон Результат обработки подсети») должны быть посланы агенту «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов» в ответ на сообщения по шаблону «Шаблон Сформировать подсеть» («Шаблон Обработать подсеть») от последнего. Перечисленные шаблоны сообщений присутствуют в Фонде платформы IASPaas априори.

Данные требования необходимо учесть на этапе формирования в Фонде платформы IASPaas информационного ресурса (орграфа информации), представляющего декларативную спецификацию агента, а также при написании его исходного кода.

5. Разработка пользовательского интерфейса

Разработка пользовательского выполняется по схеме, описанной в работе [Тимченко и др., 2015]. Специальное требование при разработке интерфейса, состоит в том, что при формировании содержимого *стартовой страницы* решателя, необходимо поместить в текст wiki-статьи в указанном порядке следующие элементы:

- вызов шаблона {{MaintenanceWork}};
- вызов решателя в виде *ui*-запроса к нему с единственным параметром *action*="навигация" *<ui*

solver = "предметная область/раздел/название решателя задач" *action* = «навигация» *>*;

- вызов шаблона {{IweCSS}} – для отображения решателя с таблицей стилей CSS расширяемого редактора орграфов информации.

6. Пример разработки интегрированного решателя задач на основе расширяемого редактора орграфов информации

В качестве примера опишем разработку решателя задач инструментального сервиса платформы IASPaas «Расширенный редактор агентов». Его функциональные возможности представляют собой объединение:

- функциональности решателя задач инструментального сервиса платформы IASPaas «Редактор агентов» [Тимченко и др., 2015] (предназначенный для формирования в Фонде платформы IASPaas информационных ресурсов (орграфов информации), представляющих декларативные спецификации агентов платформы);
- функциональности решателя задач инструментального сервиса платформы IASPaas «Генератор агентов» [Тимченко и др., 2015] (предназначенный для генерации заготовки исходного кода агента по его декларативному описанию);
- функциональности решателя задач инструментального сервиса платформы IASPaas «Загрузчик агентов» [Тимченко и др., 2015] (предназначенный для загрузки байт-кода агента (полученного в результате компиляции его исходного кода) в Фонд – в соответствующий информационный ресурс).

Орграф информации, представляющий таблицу соответствий для расширенного редактора агентов, представлен на рисунке 2. Начальная вершина, имеющая метку «Таблица соответствий для расширенного редактора агентов», закрашена серым цветом, а в квадратных скобках у вершин указаны метки соответствующих вершин из метайнформации.



Рисунок 2 – Орграф информации, описывающий таблицу соответствий расширенного редактора агентов

На рисунке 3 представлен оргграф информации, представляющий декларативную спецификацию решателя задач и его связей с другими компонентами, необходимыми для создания сервисов на основе данной спецификации.



Рисунок 3 – Оргграф информации, представляющий декларативную спецификацию интегрированного решателя задач «Расширенный редактор агентов»

В агент «Интерфейсный контроллер генератора агентов» добавляются блоки продукции для взаимодействия с агентом «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов». Один из блоков вызывается при создании вершины «исходный код», другой – при её редактировании. При этом интерфейс и функциональность данных блоков продукции совпадает с интерфейсом и функционалом исходного блока продукции агента «Интерфейсный контроллер генератора агентов»: выводится список используемых шаблонов сообщений и кнопки для скачивания сгенерированных шаблонов исходного кода агента – см. рисунок 4.

Расширенный редактор агентов

Инфорекурсы, ссылающиеся на понятия данного инфорекурса: Копия отчетПоТестированиюTest3 (Сложная ПО/Тестировщик), Копия ТестыДляTest3Agent (Сложная ПО/Тестировщик)

Инфорекурс полон

▼ Копия Агент Тестовый [Структура агента]

Сложная ПО / Тестировщик / Копия Агент Тестовый

Test3Agent (тип: Строковое) [внутреннее имя (сорт: Строковое)]

Поиск и редакт в ИР (тип: Строковое) [описание (сорт: Строковое)]

множество продукции [множество продукции]

код [код]

показывать структуру данных [q]

Создание экземпляра понятия "исходный код"

Информационный ресурс агента: Сложная ПО/Тестировщик/Копия Агент Тестовый

Внутреннее имя агента: Test3Agent

Выберите шаблоны сообщений для повторного использования:

Математика/Шаблоны/Шаблон входного сообщения тестового агента Математика/Шаблоны/Шаблон выходного сообщения тестового агента

Скачать заготовки нового исходного кода | Скачать повторноиспользуемый байткод | Скачать API платформы

Заккрыть

Рисунок 4 – Интерфейс генерации заготовки исходного кода агента

В агент «Интерфейсный контроллер загрузчика агентов» также добавляются блоки продукции для взаимодействия с агентом «Интерфейсный контроллер расширяемых редакторов инфоресурсов». Один из блоков вызывается при создании вершины «код», другой – при её редактировании. При этом интерфейс и функциональность данных блоков продукции

совпадает с интерфейсом и функционалом исходного блока продукции агента «Интерфейсный контроллер загрузчика агентов»: выводятся сведения об агенте, а также кнопки для начала загрузки подготовленного байт-кода агента и для проверки результата этой загрузки – см. рисунок 5.

Расширенный редактор агентов

Инфорекурсы, ссылающиеся на понятия данного инфорекурса: Копия отчетПоТестированиюTest3 (Сложная ПО/Тестировщик), Копия ТестыДляTest3Agent (Сложная ПО/Тестировщик)

Инфорекурс полон

▼ Копия Агент Тестовый [Структура агента]

Сложная ПО / Тестировщик / Копия Агент Тестовый

Test3Agent (тип: Строковое) [внутреннее имя (сорт: Строковое)]

Поиск и редакт в ИР (тип: Строковое) [описание (сорт: Строковое)]

множество продукции [множество продукции]

Редактирование экземпляра понятия "код"

Информационный ресурс агента: Сложная ПО/Тестировщик/Копия Агент Тестовый

Внутреннее имя агента: Test3Agent

Выберите JAR для загрузки кода агента на сервер:

Загрузить

Результат загрузки кода агента:

Посмотреть

Заккрыть

Рисунок 5 – Интерфейс загрузки байт-кода агента

Содержимое стартовой wiki-страницы интегрированного решателя задач «Расширенный редактор агентов» представлено на рисунке 6.

```

_NOCACHE_
{{MaintenanceWork}}
<ui solver="Платформа IACPaaS /
Разработка программных EX /
Расширенный редактор агентов"
action="навигация"/>
{{IweCSS}}
[[Категория:Сервисы]]

```

Рисунок 6 – Содержимое wiki-страницы интегрированного решателя задач «Расширенный редактор агентов»

На рисунках 4 и 5 продемонстрирован пример работы сервиса по редактированию агента «Копия Агент Тестовый», построенный на основе интегрированного решателя задач «Расширенный редактор агентов».

Заключение

В работе предложена специализированная технология разработки интегрированных решателей задач интеллектуальных сервисов для облачной платформы IACPaaS – на основе расширяемого редактора орграфов информации. Использование данной технологии предпочтительнее использования базовой технологии в случаях разработки интегрированных решателей задач для сервисов, решающих задачи путем поэтапного (пошагового) формирования результирующего информационного ресурса (возможно, нескольких информационных ресурсов) – орграфа информации в ручном, автоматизированном или автоматическом режиме. Преимущество состоит в том, что в этом случае функциональные и интерфейсные возможности редактора орграфов информации (процесс сопровождения и развития которого выполняется независимо от разработчика решателя

задач) могут быть расширены возможностями контекстного редактирования, формирования и отображения фрагментов орграфа в форме представления, привычной для пользователя сервиса, формирования фрагментов орграфа на основе результатов вычислительных процедур и т.п.

С использованием предложенной технологии и базовых инструментальных сервисов платформы в настоящее время разрабатываются следующие интегрированные решатели (для построения облачных сервисов на их основе): структурный редактор виртуальных сред (предназначен для создания виртуальных сред по заданной в онтологии технологии в виде пошагового "мастера"), решатель для автоматизированного конструирования доказательств математических теорем и решатель в области медицинской диагностики.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 14-07-00270, проект 14-07-00299 и проект 15-07-03193).

Библиографический список

[Грибова и др., 2015a] Базовая технология разработки интеллектуальных сервисов на облачной платформе IACPaaS. Часть 1. Разработка базы знаний и решателя задач / Грибова В.В. [и др.] // Программная инженерия. – №12, 2015, с. 3 - 11.

[Грибова и др., 2011] Проект IACPaaS. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений / Грибова В.В. [и др.] // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – №1. – С.27-35.

[Gribova et al., 2013] A software platform for the development of intelligent multi-agent internet-services / Gribova V.V. [et al.] // Proceedings of the Distributed Intelligent Systems and Technologies Workshop (DIST'2013). – 1-4 July 2013. – St. Petersburg, Russia. – P.29-36.

[Тимченко и др., 2015] Технология разработки решателей задач интеллектуальных систем с использованием инструментальных сервисов облачной платформы IACPaaS / Тимченко В.А. [и др.] // Материалы V Международной научно-технической конференции OSTIS-2015. – Минск. – 2015. – С. 193 – 198.

[Грибова и др., 2015b] Двухуровневая модель сложноструктурированных информационных единиц, соответствующая метафоре анкетирования / Грибова В.В. [и др.] // НТИ. Сер. 2. - 2015. № 10. - С. 1-10.

[Грибова и др., 2015c] Модель порождения орграфов информации по орграфу метайнформации для двухуровневой модели сложноструктурированных информационных единиц / Грибова В.В. [и др.] // НТИ. Сер. 2. - 2015. №12. С. 26-38.

A TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT OF PROBLEM SOLVERS OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR IACPAAS CLOUD PLATFORM ON THE BASIS OF EXTENSIBLE EDITOR FOR DIGRAPHS OF INFORMATION

Moskalenko Ph.M., Timchenko V.A.

*Federal State Budget Institution of Science
Institute for Automation and Control Processes
Far Eastern Branch of the Russian Academy of
Sciences, Vladivostok, Russia*

philipmm@iacp.dvo.ru

vadim@dvo.ru

The paper presents a specialized technology for development of multi-agent problem solvers of applied intelligent cloud services for the IACPaaS platform – on the basis of extensible editor for digraphs of information. The development is done with the use of instrumental services. The technology is put to reduce the labour-intensiveness of development and primarily of support for intelligent cloud services.

Introduction

Today one can find that there is no standard technology for development of viable intelligent systems which can be available for a wide range of users. There is an urgent need for tools for intelligent system development and for reuse of its components. In order to solve these tasks an IACPaaS cloud platform was introduced. It supports development, control and remote use of applied and instrumental services and their components for various domains.

The platform provides a basic technology for development of intelligent problem solvers and several specialized ones. One of the latter is a technology which uses extensible editor for digraphs of information as a basis.

Main Part

A technology for development of problem solvers of intelligent systems for the IACPaaS cloud platform on the basis of extensible editor for digraphs of information consists of the same steps as the basic technology. The differences are the following:

- the 1st step (development of information resources) includes the development of a special information resource (which is a basis of the mechanism for extending the editor for digraphs of information), which is called *table of correspondences*;
- at the 2nd step (development of the problem solver) the *Root agent* and *Interface controller* must point to a special agent (an *interface controller for extensible editors of digraphs of information*) and the first own information resource of the solver must be set to the aforementioned *table of correspondences*;
- at the 3rd step (development of agents for the problem solver) the agents which are addressed through the *table of correspondences* are developed by special rules;
- at the 5th step (development of user interface) a *starting wiki-page* for the integrated problem solver is created, whose content are also formed by special rules.

Conclusion

The described technology and basic instrumental services of the IACPaaS platform were used for creation of the following solvers: a structural editor for virtual environments (it is intended for creation of virtual environments and performs as a step-by-step master), a solver for automated construction of proofs for mathematical theorems and a solver for medical diagnostics domain.