

# Проектирование и реализация программного агента облачной среды электронного книжного магазина для поддержки виртуальной кафедры

Волков А.В.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана  
(национальный исследовательский университет),  
г. Москва, Россия  
a64v@yandex.ru

**Аннотация**—Поддержка виртуальной кафедры связана с учетом индивидуальных информационных запросов ее сотрудников, что означает их периодическое обращение к услугам книжного интернет-магазина. В данной работе рассмотрена облачная система книжного интернет-магазина, где для хранения данных используется NoSQL база данных ElasticSearch, которая одновременно является поисковым движком. Представлена общая архитектура электронного магазина с многоагентной подсистемой. Приведена блок-схема алгоритма работы программного агента. Рассмотрены вопросы создания онтологии программного агента, а также работы агента с онтологией и исследования ее параметров.

**Ключевые слова**— искусственный интеллект; интеллектуальная система; виртуальная кафедра; управление знаниями; программный агент; электронный магазин; облачная среда; база знаний; онтология.

## I. EASE OF USE

Одной из перспективных стратегий развития высшего образования в эпоху передовых информационно-коммуникационных технологий является создание виртуальных кафедр [Голенков и др., 2001], [Емельянов и др., 2000]. Под виртуальной кафедрой понимается сетевая, компьютерно интегрированная организация в сфере высшего образования, объединяющая учебно-педагогические ресурсы, находящиеся в различных местах.

Формирование виртуальной кафедры означает:

- подбор кафедр – партнеров, имеющих общие (совместимые) цели, потребность в опыте и ресурсах друг друга, что определяет необходимые условия формирования виртуальной кафедры и правила вхождения в нее;
- компьютерную интеграцию и использование лучших педагогических, учебно-методических и организационно-технических ресурсов ряда кафедр, а также научных и производственных структур на основе новейших сетевых технологий;
- совместное производство и использование географически распределенных педагогического

опыта (знаний) и образовательных технологий, а также их быстрое приумножение

- формирование автономных виртуальных учебных групп с гибким, оперативным распределением и перераспределением функций и ролей партнеров, взаимодействующих на расстоянии.
- реализацию междисциплинарной стратегии обучения, а также стратегии «обучения через работу».

Такая кафедра, объединяющая цели, традиции, ресурсы (в первую очередь, педагогические и технологические) и опыт нескольких кафедр (и даже вузов), будет наиболее конкурентоспособной на рынке образовательных услуг и может обеспечить подготовку специалистов мирового уровня.

Одной из ключевых задач поддержки виртуальной кафедры является управление знаниями [Гаврилова, 2004]. [Кудрявцев, 2010], [Управление знаниями, 2006], в особенности, индивидуализация информационного обеспечения ее сотрудников. Речь идет об организации быстрого и эффективного выполнения информационных запросов пользователей к электронным книжным магазинам. Автором развивается агентно-ориентированный подход [Тарасов, 2002], [Курейчик и др., 2004], [Сотников и др., 2014] к реализации взаимодействия пользователя с электронным книжным магазином в облачной среде.

## II. АРХИТЕКТУРА ЭЛЕКТРОННОГО КНИЖНОГО МАГАЗИНА С МНОГОАГЕНТНЫМ МОДУЛЕМ

Рассмотрим классическую облачную систему книжного интернет-магазина, которая представляет собой набор взаимосвязанных программных механизмов (рисунок 1). Здесь основным бизнес-процессом является поиск необходимой книги, через пользовательский интерфейс системы. Для хранения данных используется NoSQL база данных ElasticSearch, которая одновременно является поисковым движком. Файловая система выступает в роли хранилища файлов. В то же время, в системе имеется многоагентный модуль, позволяющий использовать

возможности программных агентов. Хранение агентов в отдельном модуле необходимо для того, чтобы гибкая логика агентов не перемешивалась с жесткой логикой приложения – это гарантирует стабильную работу системы. Программные агенты имеют доступ к некоторым интерфейсам системы для обеспечения выполнения требуемых задач.

В настоящей работе будет детально рассмотрен один коммуникационный агент, занимающийся общением с пользователями на тему поиска научных книг.

На более низком уровне система представляет собой набор виртуальных машин, в которых находятся компоненты системы: JS-приложение для отображения интерфейса; JVM и Java servlet container для rest-сервисов и многоагентного модуля; база данных с возможностями полнотекстового поиска ElasticSearch; средства кэширования в памяти HazelCast (рисунок 2). Такая архитектура позволяет создать отказоустойчивую систему, способную выдерживать высокие нагрузки. Поскольку используется принцип инверсии зависимостей [Мартин, 2010], каждый из компонентов можно при необходимости заменить.

### III. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО АГЕНТА

Разработка и реализация программного агента, обрабатывающего человеческий язык, является достаточно

известной задачей (см., например, работу [Гаранина и др., 2015]). Программный агент, опираясь на собственную модель знаний, «понимает» вопрос человека, транслирует его в запрос полнотекстового движка и с помощью пользовательского интерфейса выводит результаты на экран.

Для того чтобы искусственный агент понимал конкретный язык человека, необходимо, чтобы знания о языковых конструкциях хранились в его базе знаний. Помимо этого, агент должен «понимать», что человек может задать вопрос, совершенно не относящийся к научным книгам, т.е. в базе знаний следует предусмотреть механизм классификация запросов. Также должны поддерживаться варианты пополнения или расширения базы знаний. Это обуславливает необходимость использования онтологии, как структуры для хранения знаний [Guarino, 1998], [Гаврилова, 2003].

Если запрос подходит под классификацию, то необходимо извлечь контекстную информацию и транслировать ее в запрос поисковой машины, а затем выдать результаты. Вместе с этим, надо дать понять пользователю, что ответ готов, и он может ознакомиться с результатами (ответные фразы тоже занимают важное место в онтологии агента). Блок-схема алгоритма работы коммуникационного агента изображена на рисунке 3.

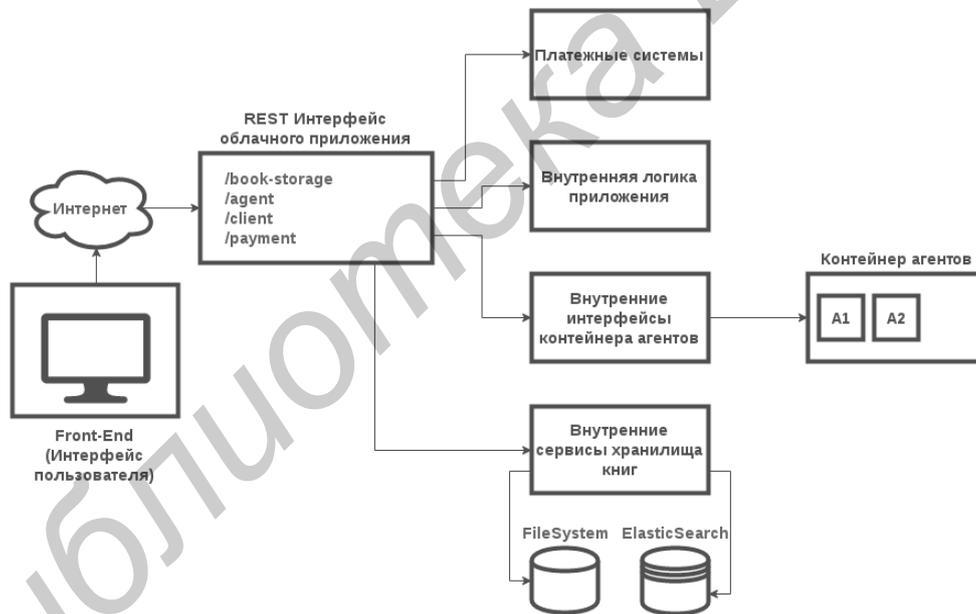


Рисунок 1 – Логическая схема приложения. Уровень программных компонентов

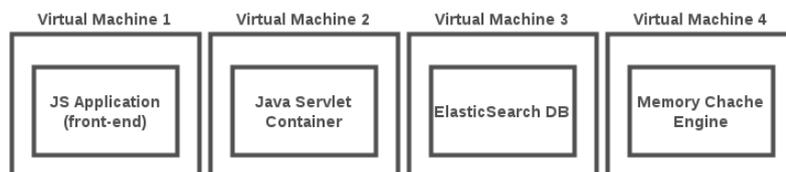


Рисунок 2 – Логическая схема приложения. Уровень инфраструктуры

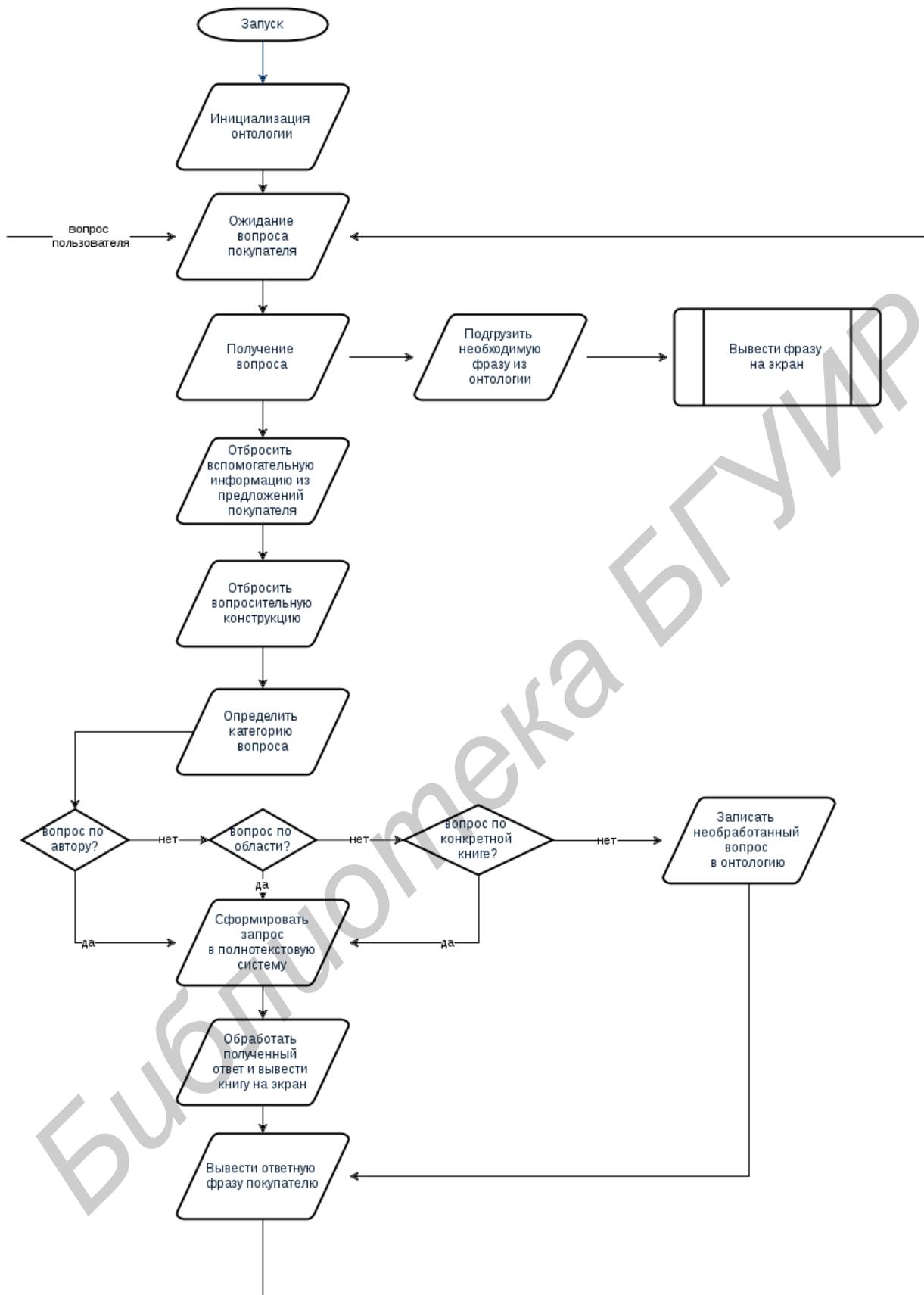


Рисунок 3 – Алгоритм работы коммуникационного агента. Общение с покупателем

#### IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОНТОЛОГИИ ПРОГРАММНОГО АГЕНТА

В спецификациях Международной федерации физических агентов (FIPA Specifications, Part 12. Ontology Service) онтология рассматривается как множество символов вместе с соответствующей интерпретацией, которая должна разделяться сообществом агентов. В ее основе лежит словарь символов, описывающих как объекты предметной области, так и отношения между ними. Интерпретация задает связь между символами в онтологии и объектами предметной области.

Онтология представляет собой граф знаний, в узлах которого находятся понятия, а дуги выражают отношения между ними. Она используется для нечеткой оценки запроса пользователя, а также для трансляции вопроса в полнотекстовый запрос.

В базе знаний агента должны храниться следующие знания:

- знания о языке и конструкциях предложений;
- знания, относящиеся к классификации запросов;
- знания о поисковых машинах;
- знания, связанные с общением, т.е. стандартные фразы ответа пользователю и представления результатов.

Поскольку программный агент имеет систему приобретения знаний, его база знаний будет пополняться со временем. Вопросы, которые агент не смог классифицировать, должны быть обработаны теми, кто обслуживает систему. После этого онтологию агента следует расширить.

#### V. ТРАНСЛЯЦИЯ ЗАПРОСОВ В СПЕЦИАЛЬНЫЙ СИНТАКСИС ПОИСКОВОЙ МАШИНЫ

Часть знаний из онтологии агента, позволяет транслировать запрос о книгах в запрос полнотекстового движка. Покажем это на примере: Исходный вопрос пользователя (за исходный язык был взят английский, поскольку он наиболее просто поддается формализации):

– Hello! Do you have Arkady Borisov "Introduction to Ontology Engineering"?

В онтологии хранятся знания о структуре предложений, в зависимости от языка. Исходя из имеющейся информации, агент может отбросить все, кроме дополнения. Взяв, дополнение, может построить поисковый запрос в таком виде:

```
"match" : {  
  "author" : "Arkady Borisov",  
  "type" : "methodical manual"  
}
```

По этому запросу можно извлечь все документы из полнотекстовой базы данных. Сравнение названий

предоставим полнотекстовой машине, чтобы не нагружать агента лишней работой.

#### VI. РАБОТА ПРОГРАММНОГО АГЕНТА С ОНТОЛОГИЕЙ

Онтология в чем-то похожа на графовую базу данных, однако в общем случае представляет собой устойчивую модель знаний (понятий и отношений), заложенную человеком. Онтология O1 и множество человеческих вопросов Q могут быть отображены

во множество запросов QqE полнотекстового движка ElasticSearch. Аналогичную ситуацию имеем для других полнотекстовых движков Solr (онтология O2) или Lucene (онтология O3).

$$f(O1, Q) \rightarrow QqE; \quad (1)$$

$$f(O2, Q) \rightarrow QqS; \quad (2)$$

$$f(O3, Q) \rightarrow QqL; \quad (3)$$

Общая онтология позволит осуществлять работу с любой полнотекстовой машиной, что обеспечивает взаимозаменяемость и независимость компонентов системы.

$$O1 \cup O2 \cup O3 = O_c. \quad (4)$$

#### VII. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕННОЙ ОНТОЛОГИИ

Проведем исследование полученной онтологии. Модель знаний агента основана на классификаторе человеческих вопросов, множестве ответных реакций, а также лингвистических знаниях. Граф созданной онтологии приведен ниже на рисунке 4.

Каждая из областей знаний агента делится на различные подмножества, которые в свою очередь могут также рекурсивно дробиться. В процессе совершенствования системы, граф онтологии может быть перестроен под уточненные требования к системе, в него могут быть добавлены новые узлы, а также исключены старые. При обучении агента могут быть выведены новые необходимые понятия. Агент будет самостоятельно или с помощью учителя пополнять существующие знания, в частности, добавлять лингвистические конструкции или ответные фразы.

Числовые параметры онтологии: число классов – 16; число свойств – 20; число индивидов – 6.

С развитием системы параметры могут заметно измениться и через определенное время выйдут на оптимальный уровень. Аналогично, можно создать онтологию с позиции представления знаний о языке и модели разговора. Также возможно создание онтологии с позиции поисковых систем. Ниже на рисунках 5 и 6 приведены модель онтологии с позиции знаний о языках. Небольшое количество экземпляров классов (индивидов) говорит о том, что система находится в стадии запуска.

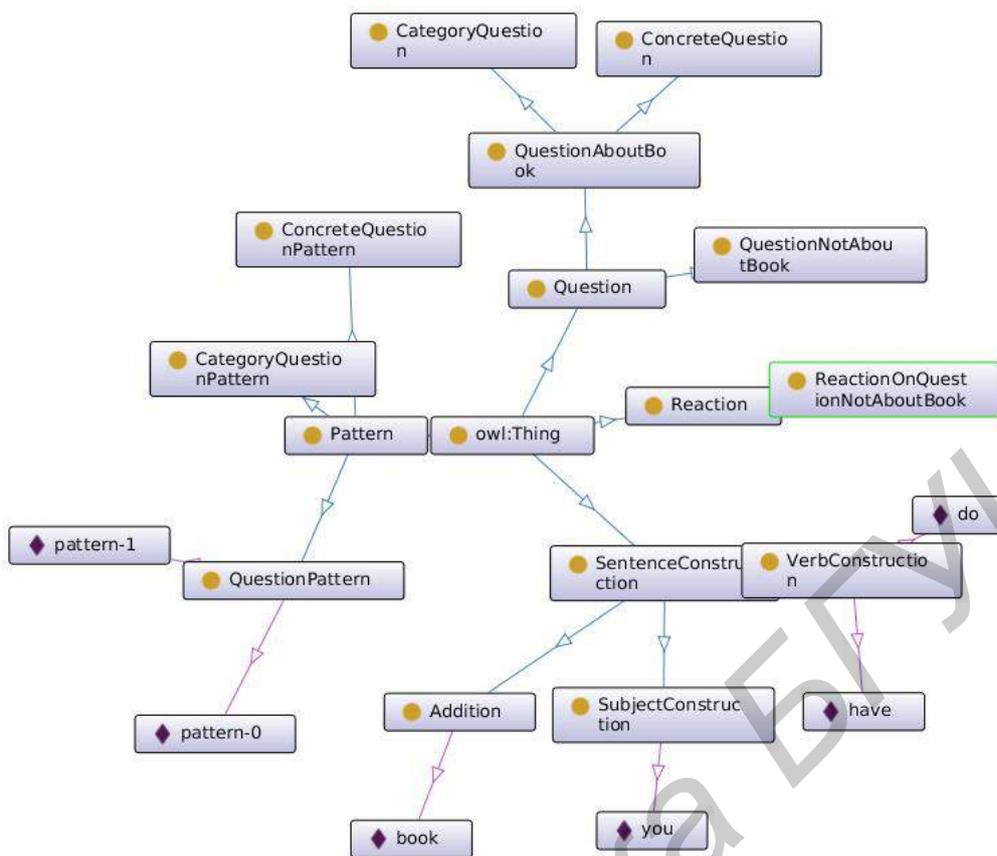


Рисунок 4 – Граф, представляющий модель исходной онтологии

Даже в небольшой рабочей системе количество объектов может составлять десятки или сотни миллионов. Несколько онтологий можно объединить в одну. Для успешной операции соединения идентификаторы IRI (Internationalized Resource Identifier) эквивалентных сущностей должны быть равны. В противном случае могут появиться избыточные одинаковые узлы, которые приведут к неправильной работе системы. В процессе разработки и использования формат онтологии будет совершенствоваться, поскольку крайне трудно оптимально спроектировать систему под все требования с первого раза.

### VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный нами прототип электронного книжного магазина позволит усовершенствовать существующие средства интернет-торговли при помощи добавления интеллектуальных модулей контейнером агентов. Таким образом, будет обеспечено не только сохранение текущей инфраструктуры системы, но и подключение агентов с их онтологиями к интерфейсам приложения. Данная структура может быть полезной не только для информационной поддержки сотрудников виртуальной кафедры, но и для любой другой системы, в которой осуществляется поиск по каким-либо объектам. При этом пользователь системы не видит разницы между

программным агентом и человеком-консультантом, которому будет передано управление, если агент не сможет понять требования пользователя.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-57-00208 Бел\_а.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (*references*)
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] I.S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SOFTWARE  
AGENT IN CLOUD OF ELECTRONIC BOOK STORE FOR  
VIRTUAL DEPARTMENT SUPPORT

Volkov A.V.

The support of virtual university department supposes taking into account individual information needs of its collaborators that requires a periodic use of electronic book store. An agent-based cloud system of electronic book store is considered in this paper, where NoSQL database and search engine ElasticSearch is applied. A general architecture of electronic book store with multi-agent subsystem is presented. The algorithm of software agent (infobot) operation is given. In order to understand human quests such an agent has to be equipped with an appropriate ontology. The problems of constructing ontologies for software agents are discussed. Both principles of ontology use by the agent and basic ontology parameters are considered.

The investigation is supported by Russian Fund of Basic Research, the Project №16-57-00208 Бел\_а.

- [8] [Гаврилова, 2003] Гаврилова, Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных систем автоматизации / Т.А.Гаврилова // Новости искусственного интеллекта, 2003, №2, с.24-30.
- [9] [Гаврилова, 2004] Гаврилова, Т.А. Управление знаниями: что делать?/ Т.А.Гаврилова// Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий (РБП-СУЗ-2004, Москва, МЭСИ, 14-15 апреля 2014г.). – М.: Изд-во МЭСИ, 2004. – С.61-66.
- [10] [Гаранина и др., 2015] Гаранина, Н.О. Мультиагентный подход к извлечению информации из текстов и пополнению онтологии/ Н.О.Гаранина, Е.А.Сидорова// Мультиагентный подход к извлечению информации из текстов и пополнению онтологии//Труды Всероссийской конференции «Знания – Онтологии – Теории (ЗОНТ-2015, Новосибирск, 6-8 октября 2015г.). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. – С.50-59.
- [11] [Голенков и др.,2001] Голенков, В.В. Виртуальные кафедры и интеллектуальные обучающие системы/ В.В.Голенков, В.В.Емельянов, В.Б.Тарасов В.Б.// Новости искусственного интеллекта, 2001, №4, с.4-10.
- [12] [Емельянов и др.,2000] Емельянов, В.В. Виртуальная кафедра в техническом университете/ В.В.Емельянов, В.Б.Тарасов// Дистанционное образование, 2000, №6, с.39-45.
- [13] [Кудрявцев, 2010] Кудрявцев, Д.В. Системы управления знаниями и применение онтологий. Учебное пособие.– СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010.
- [14] [Курейчик и др., 2004] Курейчик, В.М. Компьютерный синтез программных агентов и артефактов/ В.М. Курейчик, С.И. Родзин// Программные продукты и системы, 2004, №1.
- [15] [Мартин, 2010] Мартин Р.К., Чистый код. Создание, анализ и рефакторинг. – СПб.: Издательство «Питер», 2010.
- [16] [Сотников и др., 2014] Сотников И.Ю. Адаптивное поведение программных агентов в мультиагентной компьютерной игре/ И.Ю.Сотников, И.В.Григорьева// Вестник Кемеровского государственного университета, 2014, т.2, №4(60).
- [17] [Тарасов, 2002] Тарасов, В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. – М.: Эдиториал УРСС, 2002.
- [18] [Управление знаниями, 2006] Управление знаниями: Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.
- [19] [Guarino, 1998] Guarino N. Formal ontologies and information systems/ N.Guarino (ed.)// Proceedings of the 1st Interanational Conference on Formal Ontologies in Information Systems (FOIS'98, Trento, Italy, June 6-8, 1998). – Amsterdam: IOS Press, 1998. – P. 3-15.