

# МНОГОАГЕНТНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

М. П. ПАШКИН

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<michael@iiias.spb.su>

---

УДК 681.3

Пашкин М. П. Многоагентная интеллектуальная система дистанционного обучения // Труды СПИИРАН. Вып. 3, т. 1. — СПб.: Наука, 2006.

**Аннотация.** В последние несколько десятилетий большое количество исследовательских проектов было посвящено различным аспектам организации обучающих систем. Благодаря развитию сетевых технологий и Интернет интеллектуальные системы дистанционного обучения становятся все более востребованными в различных учебных и производственных организациях. Их использование позволяет производить процесс обучения «виртуально» — не требуя личного присутствия преподавателя и учащихся в учебном помещении. Как правило, такие системы имеют распределенную архитектуру. Данный факт мотивировал выполнение исследования, в ходе которого был проведен анализ возможности использования многоагентных технологий в интеллектуальных системах дистанционного обучения. В данной статье предложена общая архитектура сообщества агентов для таких систем и представлен исследовательский прототип системы, моделирующий взаимодействие агентов для управления интерфейсом учащегося на основе реализации нескольких педагогических стратегий. — Библ. 25 назв.

UDC 681.3

Pashkin M. P. Multi-agent Intelligent Distance Learning System // SPIIRAS Proceedings. Issue 3, vol. 1. — SPb.: Nauka, 2006.

**Abstract.** During the recent several decades a lot of research projects have been done in the area of intelligent distance learning systems. Such systems became wide spread in different educational and industrial organizations due to rapid evolution of network engineering and Internet. The physical presence of teacher and students in one class is not required due to usage of such systems. Usually, such systems have distributed architecture. This was a major motivation to make a research to analyze possibility of multiagent technologies usage in intelligent distance learning systems. The paper presents the developed architecture of agent community for such systems and research prototype of the system allowing to model agents' interaction for user interface control based on several pedagogical strategies. — Bibl. 25 items.

---

## 1. Введение

В настоящее время системы электронного обучения интенсивно используются во многих образовательных и производственных учреждениях. Это связано с такими факторами, как стремительное развитие сетевых и мультимедийных технологий, открывающее все больше возможностей для представления и организации доступа к учебному материалу, стремление многих людей получить дополнительное образование в престижных учебных заведениях. Системы дистанционного обучения позволяют учащимся выбирать учебные курсы в соответствии с их целями и предпочтениями и дают возможность изучать материал в наиболее удобное для них время, не покидая места проживания. Однако, помимо позитивных факторов, ряд проблем был выявлен при использовании дистанционного электронного обучения. В нем можно выделить следующие: (i) учащиеся могут запутаться в учебном материале, (ii) учащиеся могут потерять мотивацию к получению образования и прекратить учебу,

(iii) подготовка и контроль индивидуального курса обучения является слишком дорогостоящей и трудновыполнимой задачей, и другие. Таким образом, задача создания интеллектуальных систем дистанционного обучения (ИСДО) для решения указанных задач является актуальной.

В последнее десятилетие большое количество исследовательских проектов было выполнено в области ИСДО. Из основных задач, решавшихся в рамках проектов можно выделить следующие [12, 1]: (i) настраиваемость учебного материала на нужды конкретного учащегося, (ii) снижение времени и затрат на подготовку учебного материала, (iii) оценка уровня знаний, достигнутого учащимся, (iv) предсказание на основе «сырых» данных дальнейшего поведения учащегося (v) выявление сходных проблем у различных групп учащихся, возникающих в ходе обучения, (vi) извлечение и представление педагогических знаний. Для их решения и реализации ИСДО использовались различные подходы и технологии: программные агенты и службы Web [14, 5 10], кластерный анализ, байесовские и нейронные сети [17, 4] и другие. Для достижения совместимости между различными системами электронного обучения были разработаны различные стандарты и модели для представления учебного материала [1, 16, 8]. Рис. 1 представляет последовательность развития современных ИСДО: от сбора «сырых» данных через их анализ и построение гипотез к предсказанию предпочтений, уровня знаний учащихся, целей и мотивации учащихся.



Рис. 1. Развитие современных интеллектуальных систем дистанционного обучения.

Классическая ИСДО включает четыре модуля: модель предметной области («что учить»), модель учебного процесса («как учить»), модель учащегося («кого учить») и интерфейс.

Ядром ИСДО является модель предметной области. В конце 90-х годов предыдущего века в качестве формализма для описания знаний предметной области были предложены онтологии [25, 24, 20]. Онтологиями называются смысловые теории о разновидностях, свойствах объектов и связях между ними. Они предоставляют терминологию для описания предположительно существующих в данной области знаний и широко используются в системах управления знаниями. Онтологии использовались во многих исследовательских проектах в области ИСДО [14, 14, 3, 22]. Помимо онтологий, в состав предметной области включается содержимое учебного курса: список лекций, наглядных материалов и тестовых заданий, их взаимосвязь с элементами онтологий.

В основе модели учебного процесса лежит педагогическая стратегия, описывающая знания, используемые в ИСДО, не зависящие от предметной области. Одной из отличительных особенностей ИСДО от обычных систем электронного обучения является возможность оценки уровня знаний учащихся в режиме

реального времени и вмешательства в процесс освоения материала с целью повышения этого уровня. Вмешательство заключается в предоставлении подсказок, регулировании объема предоставляемого материала, пояснения фрагментов решений задач и других действиях. Факторами, влияющими на необходимость вмешательства, являются, например, последовательность действий учащегося, их правильность, и время, затраченное на изучение материала.

В качестве модели учащегося используется, как правило, профиль пользователя. В настоящее время не существует унифицированной модели профиля пользователя. В большинстве ИСДО он включает в себя такие компоненты, как персональные данные, стиль обучения, аккумулированные исторические данные работы с системой, предпочтения, уровень знаний, цели и мотивация. Персональные данные вводятся и редактируются пользователем самостоятельно. Стиль обучения определяется по итогам предварительных тестов и уточняется в процессе обучения на основе наблюдений. Стиль обучения является важной характеристикой учащегося, учитываемой при обеспечении персонализированной поддержки в ходе учебного процесса. Одной из наиболее популярных моделей стилей обучения является модель Фелдера и Сильвермана (Felder and Silverman) [7]. Согласно ей, все учащиеся делятся на 4 группы: (i) чувствительные и интуитивные в терминах восприятия информации, (ii) зрительные и слуховые в терминах информационного воздействия, (iii) активные и задумчивые в терминах обработки информации, и (iv) последовательные и всеобъемлющие в терминах процесса усвоения информации. Аккумулированные (или «сырые») данные являются результатом протоколирования работы пользователя в системе и накапливаются с момента регистрации до окончания обучения. Предпочтения, уровень знаний, цели и мотивация оцениваются на основе аккумулированных данных и гипотез, для их интерпретации. Оценка уровня знаний является одной из важнейших задач ИСДО. Она может быть выполнена на основе следующих данных:

- 1) оценки, полученной по результатам тестирования, как наиболее очевидной и доступной величины;
- 2) результатов анализа истории работы с интерфейсными формами — величины, вычисляемой при помощи гипотез, формируемых на основе сбора и анализа данных о работе большого количества учащихся. При этом учитывается поведение (например, движение глаз), время, затраченное на изучение определенного учебного материала и другие факторы;
- 3) содержимого сообщений, посылаемых учащимися преподавателю — величины, получаемой методами обработки текстов на естественном языке;
- 4) самооценки — величины, выступающей в качестве корректирующего коэффициента общей оценки.

Географическое рассредоточение учащихся ИСДО обуславливает ее распределенную архитектуру. Такая архитектура предполагает наличие двух составляющих: клиентской и серверной. Как правило, серверная часть выполняет только реактивные функции — обрабатывает запросы, получаемые от клиентской. Однако при построении ИСДО требуется обеспечить поддержку инициативных функций, когда серверная часть инициирует диалог с клиентской. Это требует наличие специального программного обеспечения на стороне клиентской части, протоколов и стандартов обмена сообщениями.

Данная статья посвящена результатам исследования возможности ис-

пользования многоагентных технологий при проектировании ИСДО. Дальнейшее изложение состоит из нескольких разделов. В разделе 2 рассматриваются общие проблемы, решаемые при проектировании многоагентных систем, и приводится краткий обзор известных сходных проектов. В разделе 3 представлена разработанная многоагентная архитектура ИСДО, перечислены агенты и описаны их функции. В разделе 4 приводится описание исследовательского прототипа, в котором агенты, используя педагогические стратегии и содержимое профиля пользователя, управляют графическим интерфейсом учащегося. Раздел 5 содержит выводы по настоящей работе, а также описание возможных направлений дальнейших исследований.

## 2. Использование агентов в интеллектуальных системах дистанционного обучения

Одной из бурно развивающихся информационных технологий построения сложных распределенных информационных систем является технология многоагентных систем [21, 23, 22, 6]. Агенты это автономные программные сущности, которые находятся в гетерогенной компьютерной среде и служат для достижения определенных целей совместно с другими агентами или в одиночку. Они обладают следующими свойствами [19]:

- 1) *автономность*: агенты функционируют без какого-либо человеческого или другого глобального внешнего управления, осуществляют самоконтроль своих состояний и действий;
- 2) *социальное поведение*: агенты взаимодействуют друг с другом при помощи обмена сообщениями или прямых коммуникаций для синхронизации своих действий;
- 3) *реактивность*: агенты способны воспринимать внешнюю информацию и реагировать на нее;
- 4) *инициативность*: агенты могут выполнять определенные действия не только по запросу окружения, но и согласно своим планам и целям.

Существует несколько подходов к разработке моделей агентов: (i) создание универсального типа агента, умеющего выполнять любую необходимую функцию в системе и (ii) создание нескольких типов (шаблонов) проблемно ориентированных агентов, решающих конкретные задачи. Подход первого типа наиболее приемлем для распределенных систем с небольшим статистическим набором задач. ИСДО имеют динамическую природу — новые учебные курсы могут создаваться и новые методы анализа данных могут разрабатываться по мере их использования. Поэтому разработка набора проблемно-ориентированных агентов является более подходящей для ее реализации.

Многоагентные системы могут иметь статистическую (жестко заданный набор агентов и количество членов сообщества) и динамическую структуру. Структура сообщества агентов ИСДО предполагает динамическую природу: количество агентов может варьироваться в зависимости от количества учащихся, преподавателей, педагогических стратегий и других факторов.

Решения сложных проблем выполняется не одним, а командой агентов. Сигналом к началу работы является возникновения какого-либо события (например, регистрация учащегося в системе или сдача тестов по пройденному материалу). В соответствии с типом события выбирается сценарий работы системы и формируется команда агентов для его реализации. Каждый агент дол-

жен (i) функционировать в составе сообщества, (ii) генерировать планы в соответствии с требованиями сообщества, (iii) определять задачи, которые может выполнить, (iv) сообщать о своих планах и расписании членам сообщества, и (v) выполнять планы для решения задач.

Агенты использовались при построении ИСДО во многих исследовательских проектах. Так, в проекте МОСДО для решения задач персонализации в процессе дистанционного обучения был предложен набор из 3-х агентов: персональный агент, агент-координатор и агент обучающих ресурсов [22]. Задачей проекта MASPLANG (MultiAgent System PLAtaforma de Nueva Generación) [11] являлось построение адаптивной систем персонифицированного обучения через Интернет. В разработанной системе были использованы 10 типов агентов, которые выполняли роли персональных ассистентов, отслеживали действия пользователя, представляли учебный материал в соответствии с заданной педагогической стратегий и другие. Целью проекта MAGADI (on-line Multi-domain AGent based Adaptive eDucational environment developed on the conceptual results obtained in the IRIS system) [2] являлось построение адаптивной открытой многоцелевой обучающей системы, позволяющей взаимодействие учащихся, преподавателей и экспертов предметных областей через Интернет. В разработанной системе были использованы 7 типов агентов, которые обеспечивали доступ к учебным ресурсам, представляли модели учащихся и инструкторов, интерпретировали действия учащихся, координировали и планировали действия команд агентов и другие. Целью проекта I-Help (Intelligent Helpdesk) [18] являлось построение групп поддержки для университетского обучения (дискуссионных форумов, средств доступа к учебным материалам и документам через Интернет). Основными задачами агентов были представление и сопоставление моделей учащихся и преподавателей. Целью проекта CBR-Tutor (Case-Based Reasoning Tutor) [15] являлось создание обучающей через Интернет системы, в которой задачей агентов являлась подготовка и модификация адаптивных инструкций для учащихся. Задача решалась путем анализа профилей пользователей, выявления закономерностей (образцов) в учебных процессах и подготовке инструкций на основе образцов.

Из приведенного обзора видно, что в разработанных ИСДО использовался набор проблемно ориентированных агентов. Основными задачами, решаемыми в указанных проектах, являлись разработка структуры сообщества агентов, определение их функций и правил взаимодействия. В большинстве проектов особое внимание уделялось вопросам моделирования пользователей, их представление агентами и обеспечение персонифицированной поддержки в ходе обучения.

### **3. Многоагентная архитектура интеллектуальной системы дистанционного обучения**

Основываясь на результатах, полученных в рамках других проектов, использовавших многоагентные технологии для решения различных задач ИСДО, и принимая во внимания рекомендации существующих методологий и особенности средств проектирования многоагентных систем, была разработана архитектура сообщества агентов (Рис. 2).

Был предложен следующий набор агентов:

- *агент доступа к профилям пользователей.* Реализация различных методов добычи данных (например, кластеризации или построения ассоци-

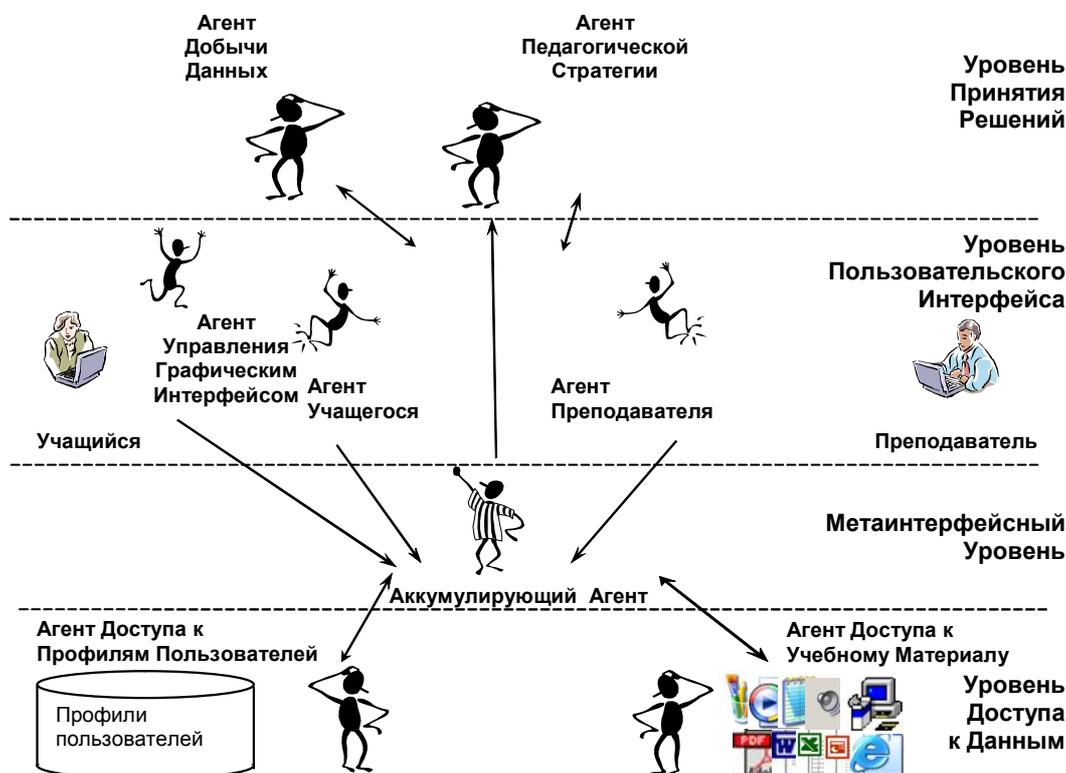


Рис. 2. Разработанная многоагентная архитектура интеллектуальной системы дистанционного обучения.

ативных правил) требуют доступа к информации, хранящейся в профилях всех пользователей, одновременно. Для этого все профили целесообразно хранить в одном репозитории и разработать методы быстрого доступа к ним. Эта особенность организации ИСДО мотивировала введение Агента Доступа к Профилям Пользователей, предоставляющего функции быстрого чтения и модификации профилей. В разработанной архитектуре был предложен только один Агент Доступа к Профилям Пользователей, так как в его обязанности входят лишь функции чтения и записи данных. Его производительность ограничена физическими параметрами компьютера, на котором он находится и сети, в которой функционирует сообщество агентов (например, скорость чтения/записи на жесткий диск, пропускная способность сети).

- **агент доступа к учебному материалу.** Учебный материал представляется набором распределенных разнородных документов и наглядных пособий (тексты, графические и мультимедийные материалы, симуляторы, программное обеспечение). Основными функциями предложенного агента являются хранение, организация доступа и подготовка для представления учащимся учебного материала. В разработанной архитектуре был предложен только один Агент Доступа к Учебному Материалу, однако, развитие ИСДО может потребовать введения большего числа агентов данного типа и их распределение по сети.
- **аккумулирующий агент.** Большинство агентов ИСДО размещаются на различных компьютерах и, во избежание задержек в работе, обмениваются асинхронными сообщениями (то есть, после отправки сообщения продолжают работу, не ожидая немедленного ответа). При выполнении комплексных сценариев требуются данные, предоставляемые несколь-

кими агентами. Для накапливания необходимых данных и их последующей передачи был предложен Аккумулирующий Агент. Для реализации его методов работы были разработаны специальные алгоритмы для учета и хранения накапливаемых данных. В соответствии с ними он определяет направление движения информационных потоков между агентами. В разработанной архитектуре был предложен только один Аккумулирующий Агент, так как в его обязанность входят лишь накопительные функции. Его производительность ограничена физическими параметрами компьютера, на котором он находится (например, объемом оперативной памяти).

- *агент управления графическим интерфейсом.* Задачей данного агента является оперативное изменение пользовательского интерфейса для конкретного учащегося в соответствии с требованиями со стороны ИСДО. Он контролирует доступ к элементам пользовательского интерфейса (например, полям, кнопкам, спискам), предоставляет системные подсказки, генерируемые Агентом Педагогической Стратегии, и отслеживает режимы пользовательской неактивности в системе. Количество агентов данного типа равно количеству учащихся, работающих в системе.
- *агент учащегося.* Данный тип агента широко представлен во многих ИСДО как агент для представления модели пользователя и выполнения задач от его лица. Другими словами, Агент Учащегося — это образ, которым ИСДО представляет себе учащегося. Данный тип агента имеет 3 составляющих: (i) реальная, представляющая содержимое профиля пользователя, (ii) когнитивная, представляющая эмоции, внимательность, память и (iii) предсказанная, представляющая выводы системы о последующих действиях учащегося, результатах тестов, целях и мотивации, полученные на основе разработанных гипотез или построенных ассоциативных правил. Количество агентов данного типа равно количеству учащихся, работающих в системе.
- *агент преподавателя.* Данный тип агента используется для представления модели преподавателя. Его роль в ИСДО аналогична роли Агента Учащегося. Предсказанная составляющая отсутствует в структуре данного агента. Количество Агентов Преподавателя равно количеству преподавателей, работающих в системе.
- *агент педагогической стратегии.* Задачей данного агента является интерпретация абстрактных правил, составляющих педагогическую стратегию для реальных данных, описывающих текущее состояние пользователя. Он выполняет функцию «черного ящика», принимающего «сырые» данные от Аккумулирующего Агента и возвращающего результат работы правил (например, «Разрешить переход к следующему уроку», «Разрешить сдать тест», «Представить подсказку», «Показать дополнительный материал по указанной теме»). Количество Агентов Педагогической Стратегии соответствует количеству поддерживаемых системой учебных курсов потому, что поддержка работы систем логического вывода на большом объеме данных в режиме реального времени предъявляет повышенные требования к вычислительным ресурсам.
- *агент добычи данных.* Используя различные методы добычи данных, данный агент производит анализ «сырых» данных, хранящихся в профилях пользователей, с целью построения ассоциативных правил, описывающих зависимость между поведением пользователя в системе и дос-

тигнутыми результатами в освоении предмета, для кластеризации пользователей на основе использования деревьев решений и нейронных сетей. В разработанной архитектуре был предложен только один Агент Добычи Данных, так как сложные алгоритма обработки данных выполняются не в режиме реального времени, а по расписанию или по требованию.

Разработанные агенты могут быть разделены в следующие группы:

- агенты, принимающие решения: агент педагогической стратегии, агент добычи данных;
- агенты, выполняющие интерфейсные функции: агент доступа к профилям пользователей, агент доступа к учебному материалу, аккумулирующий агент и агент управления графическим интерфейсом;
- агенты, представляющие модели людей и выполняющие задачи от их имени: агент учащегося, агент преподавателя.

Сценарии работы ИСДО, позволяющие решить большинство ранее указанных задач, могут быть спроектированы с использованием предложенного набора агентов. Использование аккумулирующего агента позволяет избежать задержек при параллельном выполнении нескольких сценариев работы системы, требующих сбора данных от нескольких агентов.

#### 4. Реализация исследовательского прототипа

Учебный материал в исследовательском прототипе (Рис. 3) был представлен (i) таксономией учебных тем, (ii) одной или несколькими лекциями, соответствующей каждой теме и (iii) набором тестов по каждой теме.

Агент Управления Графическим Интерфейсом контролировал кнопки перемещения между лекциями, кнопки скачивания учебного материала, доступа к тестовым заданиям, дерево тем и поле для предоставления подсказок.

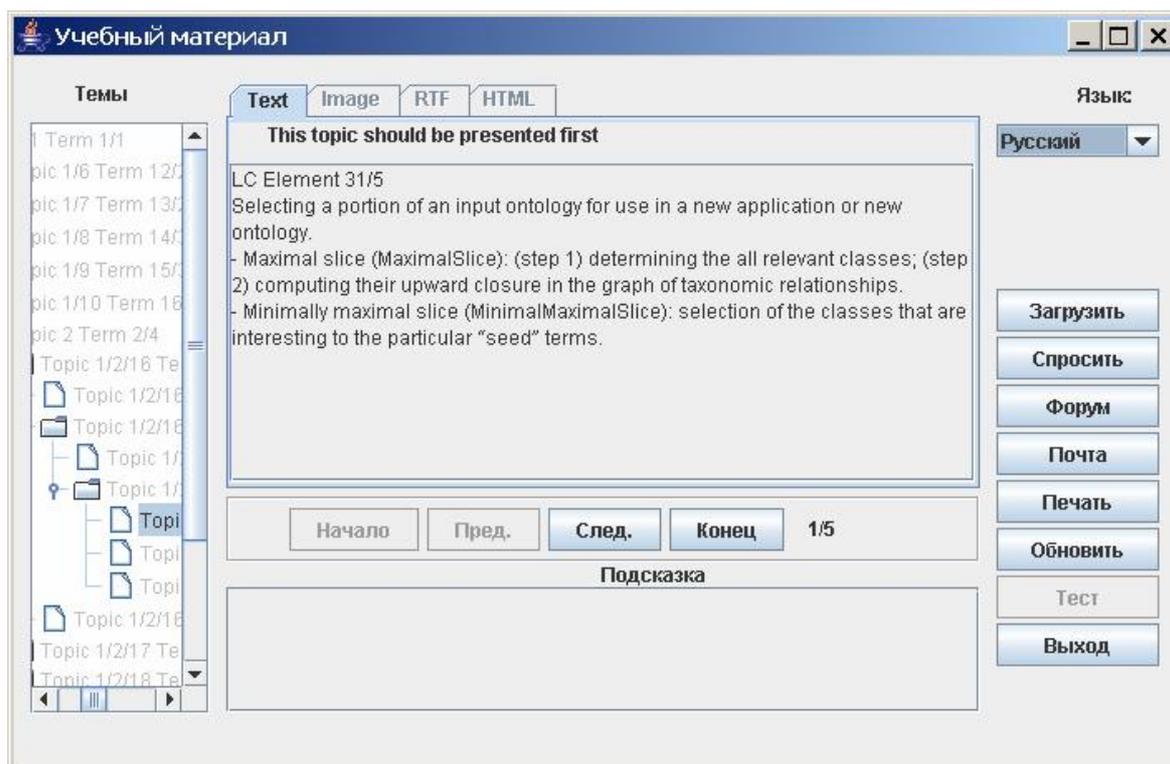


Рис. 3. Графический интерфейс учащегося.

Таксономия тем и набор лекций подготавливаются преподавателем. Для каждой учебной темы назначаются дополнительные характеристики: порядок следования; минимальная оценка, которую учащийся должен получить по итогам тестирования; педагогическая стратегия, которая будет использована для повышения уровня знаний учащихся и другие. Для лекций преподаватель указывает дополнительные характеристики такие, как «вводная»; порядок предоставления лекций в составе темы; тип документа, содержащего лекцию (например, HTML документ, графический материал, видео); для какого стиля обучения лекция является важной и насколько (по вербально-цифровой шкале от «неважного» до «крайне необходимого»); минимальное время, которое студенты должны затратить на изучение материала и другие.

Следующие педагогические стратегии были реализованы в рамках исследовательского прототипа:

- **если** учебный материал является обязательным для изучения учащимися определенного стиля обучения, **то** учащийся обязан изучить этот материал. В прототипе показателем того, что учащийся изучил, материал является время, которое учебный материал был представлен учащемуся средствами интерфейса.
- **если** учебный материал является рекомендованным для изучения учащимися определенного стиля обучения, **то** учащийся обязан, как минимум, просмотреть этот материал. В прототипе показателем того, что студент просмотрел материал, является минимальное время, которое учебный материал был представлен учащемуся средствами интерфейса.
- **если** учащийся определенного стиля обучения изучил учебный материал достаточное время, **то** он может быть допущен к сдаче экзамена. В прототипе показателем того, что учащийся просмотрел материал достаточное время, является выполнение двух первых правил.
- **если** учащийся получил удовлетворительную оценку за экзамен, **то** он может перейти к изучению следующей темы.

При входе в систему в первый раз учащемуся доступны только ознакомительные темы и тема, назначенная преподавателем как первая для изучения. Далее агенты действуют по следующему сценарию (Рис. 4).

- 1) Агент Учащегося посылает «сырые» данные (например, время изучения учащимся учебного материала, ответы на тесты, информацию, что пользователь скачал учебный материал) Аккумулирующему Агенту (SendRawData).
- 2) Аккумулирующий Агент запрашивает у Агента Доступа к Профилям Пользователя дополнительную информацию о работе учащегося по изучаемой теме (AskForHistory).
- 3) Одновременно с предыдущим сообщением Аккумулирующий Агент запрашивает у Агента Доступа к Учебному Материалу дополнительные характеристики изучаемой темы (AskForRequirements).
- 4) Агента Доступа к Профилям Пользователей посылает Аккумулирующему Агенту данные из профиля пользователя (ContentByStudent).
- 5) Агента Доступа к Учебному Материалу посылает Аккумулирующему Агенту дополнительные характеристики учебного материала (ContentDescription).
- 6) Аккумулирующий Агент собирает полученные данные (Accumulate).
- 7) Аккумулирующий Агент передает собранные данные Агенту Педагогической Стратегии (SendRequiredData).

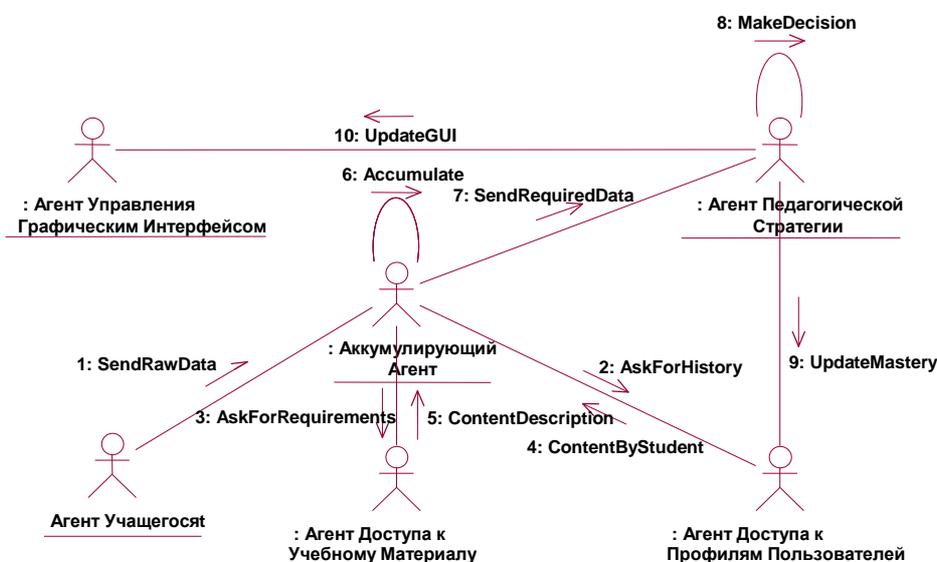


Рис. 4. Кооперативная UML диаграмма обработки «сырых» данных.

- 8) Агент Педагогической Стратегии обрабатывает полученные данные (MakeDecision). В реализованном прототипе используются следующие данные: (i) стиль обучения, (ii) время изучения учебного материала и (iii) результаты тестов.
- 9) Агент Педагогической Стратегии посылает Агенту Доступа к Профилям Пользователей данные, которые необходимо внести в профиль, например, что пользователь изучил какую-то часть учебного материала (UpdateMastery).
- 10) Агент Педагогической Стратегии посылает Агенту Управления Графическим Интерфейсом указание, какие изменения необходимо выполнить в интерфейсе пользователя (UpdateGUI). В исследовательском прототипе изменениями могут быть: (i) открытие доступа к следующей теме, (ii) открытие доступа к сдаче теста, (iii) подсказка (рекомендация, что следует сделать, чтобы повысить уровень знаний) и (iv) системное сообщение (например, пояснение, где у пользователя ошибка).

Инициативными функциями, выполняемыми агентами, являлись: (i) проверка неактивности пользователя больше определенного времени, (ii) пере-проверка уровня знаний пользователей, работающих в системе после изменения преподавателем педагогической стратегии (при необходимости, инициировался диалог между Агентом Педагогической Стратегии и Агентом Управления Графическим Интерфейсом), (iii) посылка системных сообщений пользователям, работающим в системе.

Для реализации агентов использовалось средство разработки многоагентных систем JADE [9], обеспечивающее поддержку стандартов FIPA. Данное средство обеспечивает поддержку жизненного цикла агентов, службу «желтых» и «белых» страниц, выполнение агентами задач по расписанию, передачу сообщений между агентами. Оно широко используется для реализации сообщества агентов во многих исследовательских проектах. Проблемно-ориентированные функции агентов и пользовательский интерфейс разрабатывались на языке Java.

В исследовательском прототипе профили пользователи и учебный материал хранились в базе данных в формате MS Access. Доступ агентов к базам данных был организован при помощи JDBC.

## 5. Заключение

В данной статье предложена многоагентная архитектура интеллектуальной системы дистанционного обучения. В результате анализа результатов выполненных в этой области проектов, и принимая во внимания рекомендации по разработке многоагентных систем, были предложены 8 типов агентов, разделенных на 3 группы: принимающие решения, выполняющие интерфейсные функции и представляющие модели людей.

В рамках исследовательского прототипа была продемонстрирована возможность управления пользовательским интерфейсом со стороны серверной части системы. А именно, на основе оценки уровня знаний, получаемой путем применения педагогической стратегии к «сырым» данным о работе пользователя, аккумулируемым системой, и стилю обучения, хранящемся в профиле пользователя, определялся объем необходимого учебного материала, предоставлялись подсказки, и разрешался или запрещался доступ к определенным интерфейсным компонентам.

Дальнейшие исследования в данной области будут посвящены применению различных методов добычи данных для выявления ассоциативных правил между «сырыми» данными, аккумулированными в профилях пользователей и уровнем знаний, получаемым после окончания учебного курса. Также, определение точного количества агентов, предъявляющих требования к физическим параметрам компьютеров, требует дополнительных исследований и компьютерного моделирования.

## Литература

1. ADL Technical Team: SCORM Specification 2004 2nd Edition [Электронный ресурс] // < <http://www.adlnet.org>> (по состоянию на 31.03.2006).
2. Alvarez A, Fernández-Castro I, Urretavizcaya M. Adaptive Learning Based on Variable Student and Domain Models in Magadi // Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2004). Joensuu, Finland. August 30–September 1, 2004. P. 844–845.
3. Aroyo L., Dicheva D. The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web // Educational Technology & Society. 2004. Vol. 7, no. 4. P. 59–69.
4. Blank G., Parvez S., Wei F., Moritz S. H. A Web-based ITS for OO Design // Proceedings of Workshop on Adaptive Systems for Web-based Education at 12<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED'2005). Amsterdam, the Netherland. July 18, 2005. P. 59–64.
5. Chou C. Y., Chan T. W., Lin C. J. Redefining the Learning Companion: the Past, Present, and Future of Educational Agents // Computers & Education. 2003. No. 40. P. 255–269.
6. Dos Santos C.T., Frozza R., Dhamer A., Gaspary L. P. DORIS — Pedagogical Agent in Intelligent Tutoring Systems // Lecture Notes in Computer Science. 2002. Vol. 2363. P. 91–104.
7. Felder R., Silverman L. Learning and Teaching Styles in Engineering Education // Engineering Education. 1988. Vol. 78, no. 7. P. 674–681.
8. IEEE Standard for Learning Object Metadata [Электронный ресурс] // < <http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/wg12>> (по состоянию на 31.03.2006).
9. JADE: Java Agent DEvelopment Framework [Электронный ресурс] // < <http://jade.tilab.com>> (по состоянию на 31.03.2006).

10. *Kabassi K., Virvou M.* Using Web Services for Personalized Web-based Learning // Educational Technology & Society. 2003. Vol. 6, no. 3. P. 61–71.
11. *Peca C., Marzo J., de la Rosa J.* Curriculum Sequencing for an e-learning System Based on Learning Styles // Proceedings of 5<sup>th</sup> International Conference on Information Technology Based Higher Education & Training (ITHET 2004). Istanbul, Turkey. May 31–June 2, 2004. P. 167–172.
12. *Mazza R., Dimitrova V.* Visualising Student Tracking Data to Support Instructors in Web-Based Distance Education // Proceedings of the 13<sup>th</sup> International World Wide Web Conference (WWW04). New York, USA. May 17–22, 2004. P. 154–161.
13. *Mitrovic A., Devedzic V.* A Model of Multitutor Ontology-Based Learning Environments // International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning. 2004. Vol. 14, no. 3. P. 229–245.
14. *Mizoguchi R., Bourdeau J.* Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems // International Journal of AIED. 2000. Vol. 11, no. 2. P. 107–121.
15. *Reyes R., Sison R.* A Case-Based Reasoning Approach to an Internet Agent-based Tutoring System // Proceedings of the World Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2001). San Antonio, USA. May 19–23, 2001. P. 122–129.
16. Specifications of IMS Global Learning Consortium, Inc. [Электронный ресурс] // < <http://www.imsglobal.org> > (по состоянию на 31.03.2006).
17. *Vasilakos T., Devedzic V., Kinshuk, Pedrycz W.* Computational Intelligence in Web-Based Education: A Tutorial // Journal of Interactive Learning Research. 2004. Vol. 15, no. 4. P. 299–318.
18. *Vassileva J., Deters R., Greer J., McCalla G, Kumar V., Mudgal C.* A Multi-Agent Architecture for Peer-Help in a University Course // Proceedings of the Workshop on Pedagogical Agents at the 4<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98). San Antonio, USA. August 16–19, 1998. P. 64–68.
19. *Wooldridge M. Jennings N.* Agent Theories, Architecture, and Languages: A survey // Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1995. Vol. 890. P. 1–39.
20. *Гаврилова Т. А.* Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем // Новости искусственного интеллекта. 2003. № 2. С. 24–30.
21. *Городецкий В. И., Карсаев О. В., Котенко И. В., Хабалов А. В.* MAS DK: инструментарий для разработки многоагентных систем и примеры приложений // Труды Международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке». Дивноморское, Россия. 3–8 сентября, 2001. С. 249–262.
22. *Келеберда И. Н., Лесная Н. С., Репка В. Б.* Использование мультиагентного онтологического подхода к созданию распределенных систем дистанционного обучения // Образовательные технологии и общество. 2004. Т. 7, № 2. С. 190–205.
23. *Котенко И. В.* Многоагентные технологии анализа уязвимостей и обнаружения вторжений в компьютерных сетях // Конфидент. 2004. Часть 1, № 2. С. 72–76; часть 2, № 3. С. 78–82.
24. *Левашова Т. В.* Принципы управления онтологиями, используемые в среде интеграции знаний // Труды СПИИРАН / Под ред. Р.М. Юсупова. СПб.: СПИИРАН. 2002. Вып. 1, т. 2. С. 51–68.
25. *Смирнов А. В., Пашкин М. П., Шилов Н. Г., Левашова Т. В.* Управление онтологиями // Известия РАН. «Теория и системы управления». 2003. Часть 1, № 4. С. 132–146; часть 2, № 5. С. 89–101.