

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТЕКСТА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ В МНОГОАГЕНТНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ*

М. П. ПАШКИН¹, Т. В. ЛЕВАШОВА²

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

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

¹<michael@iiias.spb.su>, ²<oleg@iiias.spb.su>

УДК 658.519.011.56

Пашкин М. П., Левашова Т. В. **Использование контекста при определении уровня знаний учащихся в многоагентных интеллектуальных системах дистанционного обучения** // Труды СПИИРАН. Вып. 6. — СПб.: Наука, 2008.

Аннотация. Описывается подход к интеллектуальной поддержке учащихся в системах дистанционного обучения, основанный на использовании контекста для оценки уровня знания учащихся и применении методов извлечения знаний из данных к накопленным контекстам учащихся для обеспечения персонализированной поддержки по улучшению уровня знаний. Результаты работы были проверены при помощи многоагентного моделирования: агента учащегося, агента управления интерфейсом, аккумулирующего агента и агента извлечения знаний из данных. — Библ. 14 назв.

UDC 658.519.011.56

Pashkin M. P., Levashova T. V. **Context Management in Multiagent Intelligent Distance Learning Systems for Definition of Trainees' Skills** // SPIIRAS Proceedings. Issue 6. — SPb.: Nauka, 2008.

Abstract. The paper describes an approach to intelligent support of trainees in an intelligent distance learning system. The approach relies upon usage of context for assessment of trainees' skills and upon application of data mining methods to accumulated trainees' contexts for revealing of common difficulties and provision of personalized support for improvement of trainees' knowledge skill. The approach has been tested via modeling of student agent, interface agent, accumulating agent, and data mining agent. — Bibl. 14 items.

1. Введение

Благодаря быстрому развитию информационных технологий и телекоммуникаций, системы дистанционного обучения (СДО) завоевывают все большую популярность среди людей, желающих приобрести или улучшить качество своего образования (учащихся). Особое внимание в таких системах уделяется форме представления учебного материала, оценке уровня знаний и персонализированной поддержке учащихся [1, 2].

Анализ современных СДО позволил выявить следующие недостатки в их реализации: 1) слабую спецификацию зависимости между различными разделами учебного материала, 2) отсутствие активных адаптивных инструкций (интеллектуальных советников), 3) отсутствие многоаспектного анализа работы студентов с системой, 4) ориентирование представления материала на конкретный учебный курс (отсутствие универсальных стандартов) и другие.

Для повышения качества учебного процесса представляется необходимым интегрировать разработку множества учебных курсов как на уровне отдельных кафедр, так и на межкафедральном уровне на основе технологии управления знаниями, базирующейся на онтологическом подходе к представ-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-01-00334)

лению концептуальной модели используемых знаний. Онтологии делают возможной интеграцию знаний в едином пространстве и последующее выделение учебных курсов и их компонентов [3].

В ходе работы по проекту, посвященному разработке многоагентной интеллектуальной СДО, было предложено представлять подлежащие изучению знания при помощи взаимосвязанных онтологий. В системах управления знаниями онтологии используются как универсальный механизм описания знаний [4], поэтому их можно применять в любом учебном курсе. Был предложен набор из 10 типов агентов для персонифицированной поддержки преподавателей и учащихся [5]: 1) агенты, принимающие решения: *агент педагогической стратегии, агент извлечения знаний из данных*; 2) агенты, выполняющие интерфейсные функции: *агент доступа к профилям пользователей, агент доступа к учебному материалу, аккумулирующий агент и агент управления интерфейсом* и 3) агенты, представляющие модели людей и выполняющие задачи от их имени: *агент учащегося, агент преподавателя*.

Как и в других известных интеллектуальных СДО [2, 6], одной из основных ее составляющих является педагогическая стратегия. При этом использовались следующие стратегии: 1) «показ правильного ответа»: если учащийся не может решить задачу, то система показывает полное ее решение; 2) «показ промежуточного результата»: если учащийся не может решить задачу полностью, то система показывает некоторые шаги ее решения, 3) «подготовку задания с похожей проблематикой»: если учащийся испытывал затруднения при решении какой-либо задачи, система находит и требует решения одной или нескольких дополнительных задач с похожей проблематикой.

Для эффективного применения этих стратегий требуется разработка определенных правил. В качестве таких правил было предложено использование деревьев решений, создаваемых агентом извлечения знаний из данных. Уровень знаний учащихся предложено оценивать при помощи контекстов (информация, которая может быть использована для описания ситуации, в которой находится в данный момент некоторый объект [7]). Было предложено использование двух видов контекстов: «идеального», описывающего модель эталонного учащегося, и «реального», описывающего модель реального учащегося. На основе сравнения контекстов с учетом выявленного стиля обучения (модель Фельдера–Сильверман [8]) агент извлечения знаний из данных строит деревья решений, в соответствии с которыми применяются педагогические стратегии:

- прогнозируются зависимости между объёмом изученного материала и результатами тестов, которые будут получены;
- распознаются ошибки и пробелы в знаниях учащихся;
- производится выбор учебного материала, который должен быть представлен в первую очередь;
- предоставляются советы к изучению последующего материала.

В данной статье описывается использование контекста агентом учащегося для описания учащихся и агента извлечения знаний из данных для построения вспомогательных структур для использования педагогических стратегий.

2. Использование модели контекста в дистанционном обучении

Ядром интеллектуальной СДО является модель предметной области. Для того чтобы обеспечить применимость разрабатываемой интеллектуальной СДО к различным учебным дисциплинам, знания, связанные с определенной учеб-

ной дисциплиной, представлены в соответствующей онтологии предметной области. В рамках данной работы принято, что онтология представляет знания при помощи классов, атрибутов этих классов и правил вывода. Классы используются для представления множеств типовых объектов реального мира. Атрибуты задают свойства этих объектов. Таким образом, онтология дает классификацию знаний и задает правила вывода.

Над онтологиями предметных областей определена общая онтология более высокого уровня. Общая онтология показывает зависимость между знаниями из различных областей и позволяет осуществлять логический вывод над этими знаниями (рис. 1). Также в этой онтологии задается классификация учебных дисциплин и их разделов (например, химия → неорганическая химия → металлы). Для целей дистанционного обучения в онтологиях введен класс, который специфицирует *тип* задания (например, для математики — решить уравнение, систему уравнений, доказать теорему; для химии — решить задачу, написать уравнение реакции и т.п.).

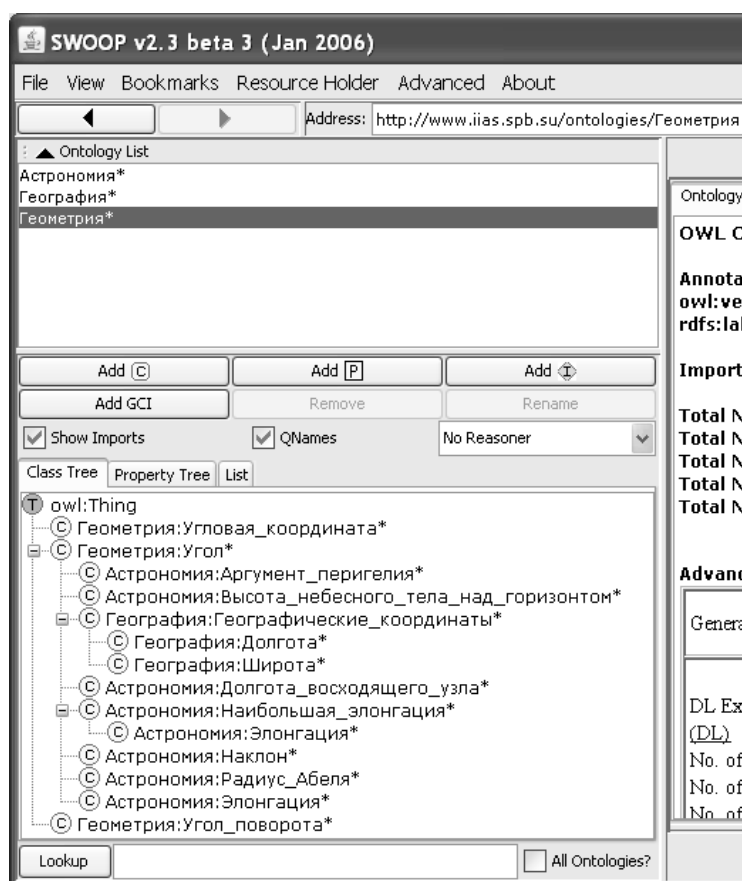


Рис. 1. Зависимость между дисциплинами.

Классы онтологий связаны с учебно-методическим материалом. Он представляет собой электронные учебные курсы и справочные материалы, проиндексированные относительно этих классов. Все материалы оценены в зависимости от того, сколько времени в среднем тратится на их изучение.

Описываемая в данной работе методика дистанционного обучения основана на сценарии электронного тестирования (рис. 2). Учащемуся предлагается решить некоторое контрольное задание. При формировании контрольного задания в нем указываются 1) раздел учебной дисциплины, к которому оно отно-

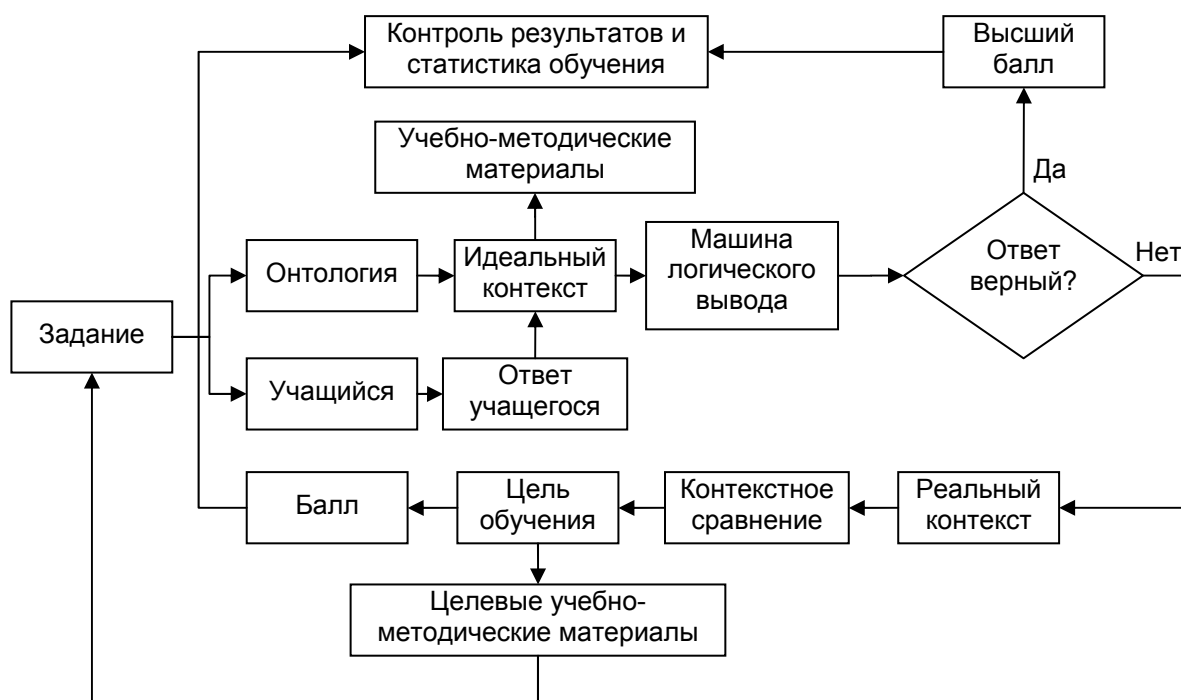


Рис. 2. Сценарий электронного тестирования.

сится, и 2) тип задания в соответствии с классификацией, используемой в общей онтологии. От учащегося эта информация скрыта.

На основании описания контрольного задания СДО формирует срез общей онтологии. Этот срез включает в себя набор классов, атрибутов и правил вывода, требуемый для выполнения задания и содержащий характеристики данного задания. Данный срез называется идеальным контекстом. В идеальном контексте содержатся элементы онтологии, которые:

- позволяют проверить правильность выполнения задания;
- содержат информацию об учебной дисциплине, по разделу из которой проводится тестирование, о данном разделе и о связанных разделах других дисциплин, знания из которых используются при выполнении контрольного задания;
- содержат информацию о типе контрольного задания;
- содержат информацию о среднем времени, которое занимает выполнение задания.

Идеальный контекст связан со множеством учебно-методических материалов. Это множество содержит все имеющиеся материалы, в которых может быть найдена информация, имеющая отношение к выполнению контрольного задания. В ходе выполнения задания учащийся может обращаться к этим материалам.

Ответ учащегося СДО представляет в виде значений атрибутов классов. Эти значения подаются на вход идеального контекста. На основании правил вывода, включенных в данный контекст, определяется, может ли существовать объект (множество объектов) с таким набором значений в данном контексте. Если такой объект (объекты) может существовать, то ответ на задание считается правильным. В этом случае задание оценивается высшим баллом и передается агенту извлечения знаний из данных для контроля результатов и сбора статистики обучения.

Неверный ответ также оценивается в соответствии с принятой для данного типа задания шкалой оценок. В случае неверного ответа целью СДО является определение слабых мест учащегося. Для этого строится реальный контекст выполняемого задания. Он включает в себя информацию о дисциплине, по которой проводилось тестирование, разделе этой дисциплины и типе задания. Данная информация напрямую выводится из идеального контекста. Также в реальный контекст вносится информация о времени, которое учащийся потратил на выполнение задания, о том, какими учебными материалами из предложенных ему в соответствии с идеальным контекстом он пользовался при выполнении задания, и балл, полученный учащимся за выполнение задания.

Идеальный и реальный контексты сохраняются в профиле пользователя, использующийся в СДО в качестве модели учащегося. Далее СДО пытается уточнить, что именно не понимает учащийся. СДО предлагает учащемуся еще раз сделать задание такого же типа, как и неверно выполненное задание. Если оно решено правильно, то, вероятно, ошибка при решении связана не с типом задания, а со связанными разделами. Далее продолжается тестирование по связанным разделам. Какие разделы являются связанными, выводится из идеального контекста. Если тестирование по связанным разделам прошло успешно, то предполагается, что учащийся допустил ошибку в рассуждениях, решая конкретное контрольное задание. Соответственно при неуспешном тестировании по связанным разделам делается вывод о том, что у учащегося пробел в знаниях по темам, которым посвящены эти разделы.

По мере выявления в ходе тестирования слабых мест учащегося СДО отбирает из множества учебно-методических материалов, связанных с идеальным контекстом, материалы, которые требуются учащемуся для ликвидации его слабых мест.

В ходе тестирования в профиле пользователя сохраняются идеальный и реальный контексты контрольных заданий, выполняемых когда-либо учащимся, а также идеальные и реальные контексты, построенные в процессе дополнительного тестирования. Накопленные контексты сравниваются.

На основании сравнения типов используемых учащимся в ходе теста учебных материалов (электронный тренажер, электронный справочник, текстовое описание, аудиотекст и т.п.) и результатов этого теста делается вывод о типе учащегося по классификации стилей обучения Фельдера–Сильверман.

На основании сравнения среднего времени, требующегося для освоения материала, и времени, затраченного учащимся для получения положительного результата, также делается вывод о типе учащегося по классификации стилей обучения Фельдера–Сильверман и частичный вывод о когнитивном стиле учащегося [9].

На основании сравнения среднего времени, требующегося для освоения материала, и времени, затраченного учащимся для получения положительного результата, с учетом типов выполняемых заданий делается вывод о склонности учащегося к гуманитарным или техническим наукам.

Полученные выводы позволяют СДО:

- оценивать уровень знаний (квалификацию) учащегося применительно к конкретной предметной области или специальности;
- определять слабые места учащегося;
- рекомендовать учащемуся для ликвидации слабых мест те типы учебных материалов, которые будут для него наиболее продуктивными;

- оценивать время, которое потребуется данному учащемуся для освоения нового материала;
- формировать группы учащихся в соответствии с их способностями и наклонностями.

Построенный в ходе электронного тестирования реальный контекст выполнения контрольного задания является частичной моделью контекста учащегося. Полная модель учащегося (реальный контекст учащегося) составляется по результатам накопления данных об учащемся на протяжении всех его сеансов работы с СДО.

3. Реальный контекст учащегося

Рис. 3 представляет основные сценарии работы учащихся в разработанном прототипе СДО. При первом входе в систему учащиеся проходят предварительное тестирование. На этом этапе создается профиль пользователя и начальная версия реального контекста учащегося: выявляется стиль обучения (например, при помощи опросников [10]) и начальный уровень знаний (например, при помощи тестов и эвристик, задаваемых преподавателем). На основа-

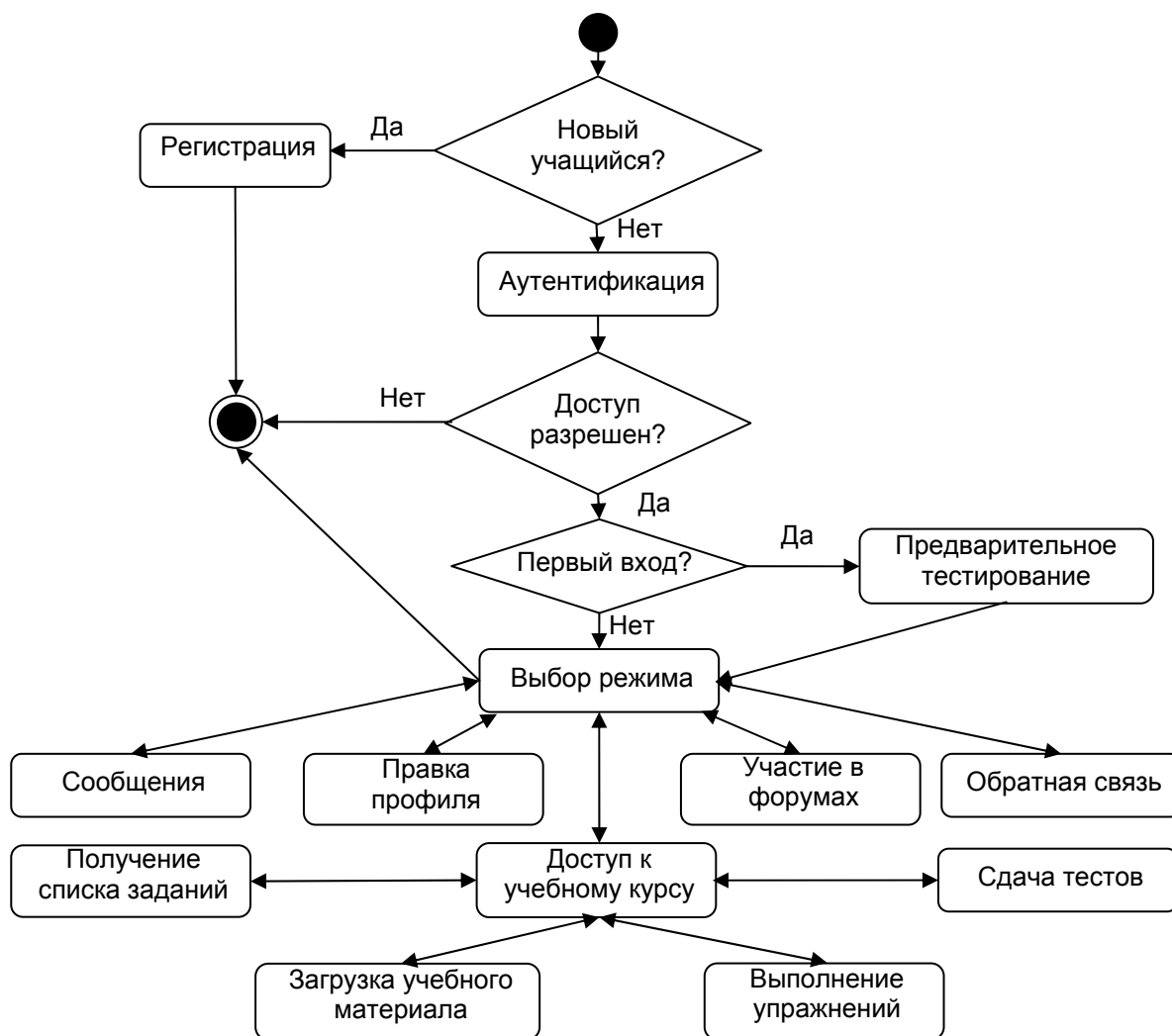


Рис. 3. Основные сценарии работы учащихся в разработанном прототипе СДО.

нии результатов предварительного тестирования определяется стратегия предоставления учебного материала (например, подробное описание учебных тем предоставляется учащимся, которым рекомендован всеобъемлющий стиль обучения) и состав учебного материала (например, учебный материал предпочтительно предоставлять в графическом формате для учащихся, которым рекомендован визуальный стиль обучения).

Зарегистрированные учащиеся получают доступ к подготовленным учебным курсам, могут исправлять персональные данные, получать и отправлять сообщения преподавателю и другим учащимся, участвовать в дискуссионных форумах, посвященных учебным курсам и высказывать свои пожелания по улучшению учебного процесса (обратная связь).

При работе в системе каждый учащийся представлен *Агентом учащегося*. Данный тип агента широко используется во многих интеллектуальных СДО как агент для представления модели пользователя и выполнения задач от его лица [11, 12]. Другими словами, агент учащегося — это образ, которым интеллектуальная СДО представляет себе учащегося. Данный тип агента имеет три составляющие: 1) реальную, представляющую содержимое профиля пользователя; 2) когнитивную, представляющую эмоции, внимательность, память и 3) предсказанную, представляющую выводы системы о последующих действиях учащегося, результатах тестов, целях и мотивации, полученные на основе разработанных гипотез или построенных ассоциативных правил. Агент учащегося содержит в себе реальный контекст учащегося в каждый момент времени. Все изменения, сделанные учащимся в профиле, и выявленные изменения реального контекста отправляются им аккумулирующему агенту для сохранения в общем репозитории и последующей обработки агентом извлечения знаний из данных.

К изменениям реального контекста относятся:

- протоколирование работы в системе: время изучения учащимся учебного материала, факт посещения рекомендуемых Web сайтов, факт печати учебного материала на принтере, ответы на тесты, информация, что пользователь скачал учебный материал;
- участие в дискуссиях: количество тем открытых учащимся, количество сообщений, прочитанных и отправленных учащимся;
- результаты прохождения промежуточных тестов;
- содержимое сообщений, посылаемых преподавателю для применения методов обработки текстов на естественном языке.

Результаты работы агента учащегося и агента извлечения знаний из данных тесно связаны (табл. 1). Изменения реального контекста, обнаруженные агентом учащегося, могут приводить:

- к новым изменениям реального контекста со стороны агента извлечения знаний из данных, если требуется вмешательство в учебный процесс, или
- к изменениям идеального контекста. Это относится к пересчету среднего времени, которое занимает выполнение задания, и среднего времени, ответственного на изучение учебных материалов.

4. Агент извлечения знаний из данных

Работа агента добычи данных из знаний состоит в построении на основании анализа реальных контекстов следующих вспомогательных структур, ис-

Взаимосвязь результатов работы агента извлечения знаний из данных и агента учащегося

Сценарий	Агент извлечения знаний из данных	Агент учащегося
Предварительное тестирование	Определение модели обучения и начального уровня знаний	
Сообщения	Выявление проблем из текста, изменение реального контекста (предсказанной составляющей)	Отправка копий сообщений агенту извлечения знаний из данных
Правка профиля		Обновление реального контекста
Участие в форумах	Изменения реального контекста (предсказанной составляющей)	Отправка копий сообщений агенту извлечения знаний из данных
Обратная связь	Анализ текста, изменение идеального контекста	Отправка копий сообщений агенту извлечения знаний из данных
Получение списка заданий	Предоставление правил для подготовки списка заданий агенту педагогической стратегии	
Загрузка учебного материала	Анализ «сырых данных», изменения реального контекста (предсказанной составляющей)	Отправка изменений реального контекста агенту извлечения знаний из данных
Выполнение упражнений	Анализ «сырых данных», изменения реального контекста (предсказанной составляющей)	Отправка копий ответов и «сырых данных» агенту извлечения знаний из данных
Сдача тестов	Проверка выявленных правил (ожидаемый и фактический результат), изменение идеального контекста	Отправка копий ответов агенту извлечения знаний из данных

пользуемых агентом педагогической стратегии: 1) выбора учебного материала, рекомендуемого для изучения учащемуся; 2) определения дисциплинарных разделов, где уровень знаний учащегося недостаточный, и обеспечения персонализированной поддержки по его улучшению; 3) оценки уровня знаний: достигнут ли ожидаемый результат, необходимый для перехода к следующему разделу.

Используя различные методы извлечения знаний из данных, агент производит анализ «сырых» данных, хранящихся в профилях пользователей, с целью построения последовательных шаблонов, описывающих зависимость между поведением пользователя в системе и достигнутыми результатами в освоении предмета. В разработанной архитектуре был предложен только один агент извлечения знаний из данных, так как сложные алгоритмы его работы выполняются не в режиме реального времени, а по расписанию или по требованию. Реализация различных алгоритмов требует одновременного доступа к информации, хранящейся в профилях всех пользователей. Эта информация консолидируется аккумулирующим агентом при получении сообщений от агентов учащихся.

«Сырыми данными», получаемыми агентом из профиля пользователя, являются: 1) ошибки учащегося при сдаче тестов; 2) список упражнений, вызвавших затруднения при выполнении; 3) дисциплинарные разделы, освоенные учащимся; и 4) учебный материал, изученный учащимся. Результатом его работы являются деревья решений, которые используются агентом педагогической стратегии. Для построения деревьев решений могут быть использованы алгоритмы CART [13] и C4.5 [14].

На рис. 4 представлен фрагмент дерева решений для выбора начальной темы изучения.

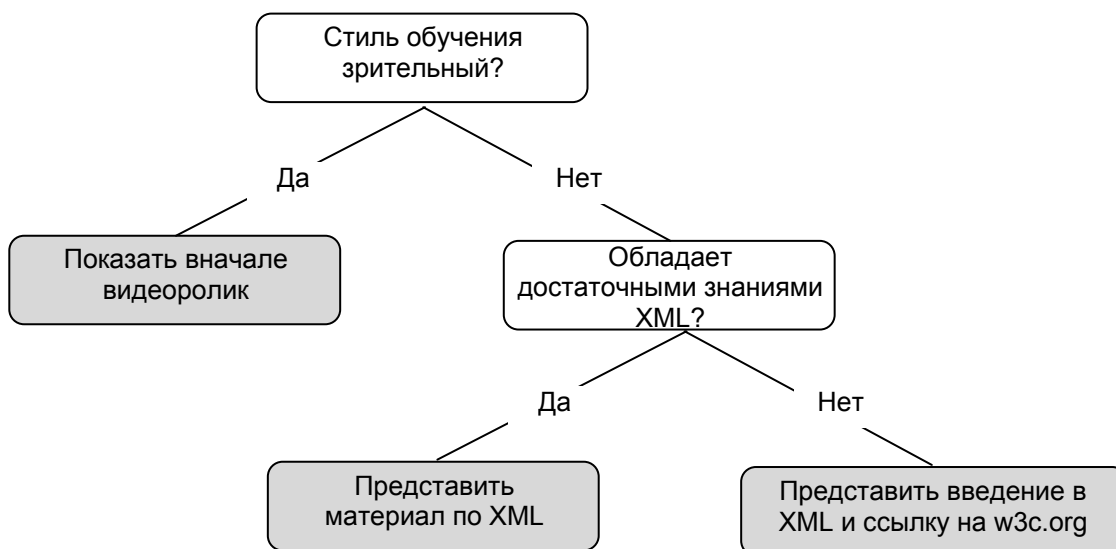


Рис. 4. Правила выбора первого шага обучения.

Если существует набор различных представлений учебного материала, то вариант следующего этапа может также выбираться на основе дерева решений (рис. 5).

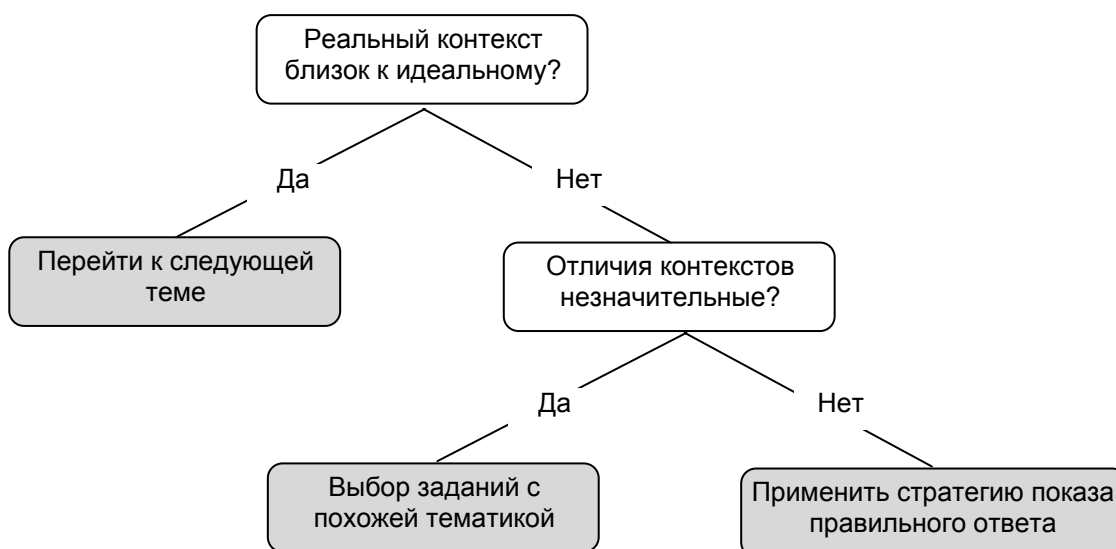


Рис. 5. Правила выбора следующего шага обучения.

5. Заключение

Современная интеллектуальная система дистанционного обучения должна отвечать на поставленные вопросы: какие темы учебного материала вызывают наибольшую трудность у учащихся, как быстро конкретный учащийся может достичь ожидаемого преподавателями уровня знаний, насколько точно ожидаемые результаты соответствуют реальным. В данной работе представлены результаты научных исследований по разработке многоагентной интеллектуальной системы дистанционного обучения, использующей модель контек-

ста. Использование такой модели позволило оценивать уровень знаний учащихся и квалификацию тестируемых, определять слабые места учащихся, устанавливать склонности и когнитивные стили учащихся, прогнозировать время, которое потребуется на переквалификацию тестируемого или на освоение нового материала конкретным учащимся, строить персонализированные среды поддержки учащихся. За счет использования онтологической модели описания знаний предложенная в работе интеллектуальная СДО может быть использована для обучения любым дисциплинам на межкафедральном уровне.

Литература

1. *Cha H. J., Kim Y. S., Park S. H., Cho Y. J., Pashkin M.* Adaptive Learning Interface Customization Based on Learning Styles and Behaviors // *Towards Sustainable and Scalable Educational Innovations Informed by the Learning Sciences* / Eds. by C. K. Looi, D. Jonassen, M. Ikeda. IOS Press, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 2005. Vol. 133. P. 617–620.
2. *Мусеева М. В., Полат Е. С., Бухаркина М. Ю., Нежурина М. И.* Интернет-обучение: технологии педагогического дизайна / Под ред. канд. пед. н. М. В. Мусеевой. М.: Издательский дом «Камерон», 2004. 216 с.
3. *Мальков М. В.* Онтологии в учебном процессе // *Образовательные технологии*, 2007. № 3. [Электронный ресурс] // <http://www.naukapro.ru/ot2007/3_003.htm> (по состоянию на 21.10.2008).
4. *Ontology* // *Semantic Web*. [Электронный ресурс] // <<http://semanticweb.org/wiki/-Ontology>> (по состоянию на 23.10.2008).
5. *Pashkin M.* Agent-Based Architecture of Intelligent Distance Learning System // *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. 2007. Vol. 4696. P. 301–303.
6. *Dagger D., Wade V., Conlan O.* Personalisation for All: Making Adaptive Course Composition Easy // *Educational Technology & Society*. 2005. Vol. 8, No. 3. P. 9–25.
7. *Dey A. K.* Understanding and Using Context // *Personal and Ubiquitous Computing Journal*. 2001. Vol. 5, № 1. P. 4–7.
8. *Felder R., Silverman L.* Learning and Teaching Styles in Engineering Education // *Engineering Education*. 1988. Vol. 78, No. 7. P. 674–681.
9. *Холодная М. А.* Когнитивные стили и интеллектуальные способности // *Психологический журнал*. 1992. Т. 13, № 5. С. 84–93.
10. *Soloman B. A., Felder R. M.* Index of Learning Styles Questionnaire. [Электронный ресурс] // <<http://chat.carleton.ca/~tblouin/Felder/felder%20silverman%20online%20questionnaire.htm>> (по состоянию на 24.10.2008).
11. *Батищев С. В., Лахин О. И., Минаков И. А., Ржевский Г. А., Скобелев П. О.* Разработка мультиагентной системы дистанционного обучения для Интернет-портала «Оптиксити» // *Известия СНГ РАН*. 2003. Т. 5, № 1. С. 91–95.
12. *Neji M., Ben Ammar M.* Agent-based Collaborative Affective e-Learning Framework // *The Electronic Journal of e-Learning*. 2007. Vol. 5, Issue 2. P. 123–134.
13. *Breiman L., Friedman J. H., Olshen R.A., Stone C.T.* *Classification and Regression Trees*. USA, New York: Chapman and Hall, 1999. 358 p.
14. *Ross J. Q.* *C4.5: Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993. 302 p.