

Мобильное обучение: контекстная адаптация и сценарный подход

В статье предлагается модель открытой архитектуры для компонентных контекстно-зависимых систем компьютерного обучения с учетом потребностей программных приложений интеллектуальных учебных сред и адаптивных обучающих систем. Разрабатывается структура системы управления контентом на основе семантического веба. При построении системы управления контентом предлагается использовать модель на основе вероятностных автоматов. Разрабатывается сценарий обучения, возможности его адаптации. Описывается контекстный подход к персонализации стиля обучения.

Ключевые слова: адаптивное обучение, контекстно-зависимая система, управление контентом, вероятностный автомат, сценарий обучения, байесовская сеть.

MOBILE LEARNING: CONTEXT ADAPTATION AND SCENARIO APPROACH

The paper proposes a model of an open architecture for component context-dependent systems of computer training to the needs of the software applications of intelligent learning environments and adaptive learning systems. The structure of a content management system is developed based on Semantic Web. The model for developing of the engine is supposed to be based on probabilistic automata. Another part of work is developing of learning scenarios and possibilities for its adaptation. The context approach for personalization of learning style is described in the paper as well.

Keywords: adaptive learning, context-aware system, content management probabilistic, automaton, scenario training, engine, Bayesian network.

Введение

В последние годы формируется новый принцип построения обучающих систем: процесс обучения рассматривается как процесс управления знаниями обучаемого [1]. В рамках этого подхода ведутся перспективные разработки, направленные на создание адаптивных обучающих систем, поддерживающих индивидуальный подход в обучении, систем управления контентом (CMS – Content Management System), предусматривающих возможность контекстного использования хранилищ образовательных ресурсов и обеспечивающих мобильность и глубокую персонализацию образовательных услуг [2]. Контекст является одним из ключевых вопросов для индивиду-

ализации обучения, а контекстно-зависимая система (Context-Aware Systems) должна быть способна анализировать состояние пользователя, окружающей среды, адаптировать свою работу при изменении условий. Создание адаптивных контекстно-зависимых систем обучения является междисциплинарной проблемой. Принципиальное значение здесь имеет внутренняя логика процесса обучения. Эта логика отражается в педагогических и технологических сценариях, объединяющих всю совокупность приемов, операций, процедур и учебных занятий.

Сценарий – это целенаправленная, методически выстроенная последовательность методов и технологий для достижения целей

обучения. В принципе для каждого слушателя требуется свой сценарий. В компьютерной науке это называется «проклятием размерности» – сценариев может быть великое множество, что создает нешуточную проблему их систематизации, рационализации и организации в целостную структуру. Цель сценария заключается в описании процесса обучения и деятельности по приобретению знаний. Сценарий определяется такими характеристиками, как структура, координация и типологии деятельности, распределение ролей между слушателями, преподавателями и компьютерными системами.

Используемые сценарии в большинстве своем не являются контекстно-зависимыми и адап-

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 13-07-00204-а.



Владимир Викторович Курейчик,
д.т.н., зав. кафедрой
Тел.: (8634) 383-451
Эл. почта: vkur@tgn.sfedu.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Vladimir V. Kureichik,
Doctor of Engineering Science, Head of
CAD Department
Tel.: (8634) 383-451
E-mail: vkur@tgn.sfedu.ru
Southern Federal University
www.sfedu.ru



Сергей Иванович Родзин,
к.т.н., профессор
Тел.: (8634) 362-055
Эл. почта: srodzin@sfedu.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Sergey I. Rodzin,
Candidat of Engineering Science,
Professor
Tel.: (8634) 362-055
E-mail: srodzin@sfedu.ru
Southern Federal University
www.sfedu.ru

тивными к разным слушателям. В [3] утверждается, что существуют сотни различных педагогических моделей и сценариев обучения. В [4] был предложен общий абстрактный сценарий для представления разных педагогических моделей. Он определяется темой обучения, слушателями, интегрируемыми знаниями, преподавателем, используемыми ресурсами (коммуникационные и информационные технологии и технические средства), педагогическими и дидактическими моделями обучения и некоторыми другими элементами [5]. Этот сценарий предусматривает лишь очень ограниченные возможности адаптации с помощью правил *if-then-else* [6]. Образовательные ресурсы определены априори, их невозможно изменить. Сценарий также не предусматривает управления знаниями предметной области и использования технологии контекстного обучения [7].

Для интеграции знаний, предусматриваемых сценарием, требуется единое концептуальное описание знаний с помощью онтологии, отражающей предметную область [8]; онтологии, формализующей структуру процесса обучения под углом зрения формируемых компетенций [9–11], репозитория учебных объектов, объектов исследовательской и проектной деятельности, открытых информационно-образовательных ресурсов и пр. Это позволит повысить релевантность отбора изучаемых учебных объектов в соответствии с индивидуальными особенностями обучающихся.

1. Архитектура адаптивной системы мобильного обучения

Цель разработки архитектуры информационных обучающих систем состоит в том, чтобы задать на высоком уровне абстракции рамки для понимания определенных типов систем, их подсистем и взаимодействий с другими системами. За последнее десятилетие информационные обучающие системы эволюционировали от централизованных систем на выделенных компьютерах к системам дистанци-

онного обучения с распределенной архитектурой «клиент-сервер».

Недостатки централизованной архитектуры очевидны: их трудно развертывать, дорого поддерживать и сложно адаптировать к постоянным изменениям учебного процесса. Такие системы зависят от частных инструментальных средств пользователей и навязываемых разработчиками образовательных ресурсов. В результате создается среда, никак не учитывающая ни различия решаемых задач и уровня пользователей, ни изменения образовательных запросов и условий рынка образования.

Ситуацию может улучшить интернет-, *Java*- и другие веб-технологии, уже зарекомендовавшие себя как эффективные инструменты построения информационных приложений любого назначения. Архитектурных решений для информационных обучающих систем дистанционного обучения на базе веб- и телекоммуникационных технологий, способных дать оптимальную комбинацию производительности, функциональности и мощных механизмов управления процессами обучения, пока не предложено. Однако реальные преимущества веб-ориентированных технологий позволяют приступить к созданию принципиально новых приложений, архитектура которых непосредственно основана на интернете и мобильных телекоммуникационных технологиях. Например, приложения могут быть написаны на языке *Java* или *PHP*, а в качестве промежуточного программного обеспечения могут применяться известные приложения и конструкции веб. Для поиска образовательных ресурсов вместо *SQL* может использоваться поисковая система для веб, а связь с другими приложениями, объектами и репозиториями реализовываться с помощью гиперссылок и *URL*. В результате пользователи получают гибкое решение, которое можно реализовать на основе существующей сетевой интернет/интранет-инфраструктуры. Доступ к серверу приложений, например систем дистанционного обучения, тестирования, пользователь получает с помощью любого веб-браузера.



Лада Сергеевна Родзина,
аспирант
Тел.: (8634) 371-651
Эл. почта: lada.rodzina@gmail.com
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Lada S. Rodzina,
postgraduate student
Tel.: (8634) 371-651
E-mail: lada.rodzina@gmail.com
Southern Federal University
www.sfedu.ru

Понятно, что характеристики обучающей системы и ее функциональные возможности зависят от возможностей и ограничений архитектурной модели. Предлагается модель открытой архитектуры адаптивной контекстно-зависимой системы мобильного обучения (рис. 1)

База данных и знаний включает контекстные данные и знания, профиль слушателя и модуль контроля знаний. Контекстные данные содержат информацию о месте, времени сеанса мобильного обучения, информацию об учебных материалах. Профиль слушателя содержит персональную информацию о слушателе, его запросах, уровне подготовки, а также о располагаемом времени на сеанс обучения. Модуль контроля знаний включает тестовые задания, а также результаты предыдущих контрольных проверок.

Контекстная информация включает в себя запросы слушателя и сведения об уровне его знаний. Контекстная информация, получаемая из запроса слушателя, указывает на его местоположение (кампус, дом, дача), располагаемый слушателем интервал времени на обучение и уровень концентрации. Каждое местоположение имеет определенный контекстный фактор, который влияет на учебную деятельность (на уровень концентрации, на время, чтобы учиться, и др.). Чем меньше этот фактор, тем выше его влияние, и наоборот. Интервалы свободного времени, которое слушатель готов потратить на обучение, могут быть различными, например 15, 30, 45 или 60 минут. Уровни концентрации также могут быть описаны дискретными значениями, например 1, 2 или 3 (низ-

кий, средний или высокий). Сведения об уровне знаний слушателя определяются по результатам тестовых опросов и могут оцениваться, например, по 5-балльной шкале.

Контент описывается в виде иерархической древовидной структуры, вершинами которой являются учебные темы. В модели слушателя определяются темы, которые ему необходимо изучить согласно запросу, соответственно на древовидной структуре выбираются маршруты освоения контента.

Модель слушателя является основной для адаптивного выбора содержания курса с учетом всех контекстных факторов, описанных выше. В древовидной модели определены все связи контекстных факторов. На этой основе строятся *if-then-else* правила для адаптивного выбора образовательных ресурсов.

2. Система адаптивного управления контентом

Управление контентом является движком (жаргонизм, от английского *engine*) системы, т.е. предлагаемая модель обучения является адаптивной, она использует подход на основе семантического веба (*Semantic Web*) [12]: обучающая среда включает набор ресурсов, онтологий и инструментов, позволяющих гибко выбирать соответствующие ресурсы под конкретного слушателя и актуальной ситуации обучения.

На рис. 2 представлена структура программного комплекса управления контентом на основе семантического веба.

Общий сценарий учебной ситуации является входной спецификацией для работы программного комплекса управления контентом.

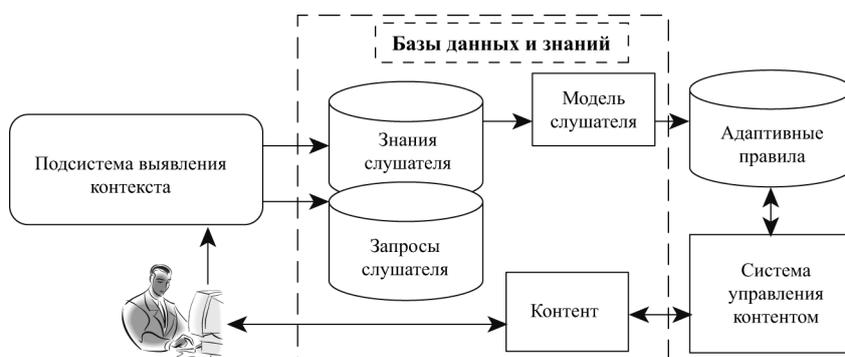


Рис. 1. Архитектура адаптивной системы мобильного обучения

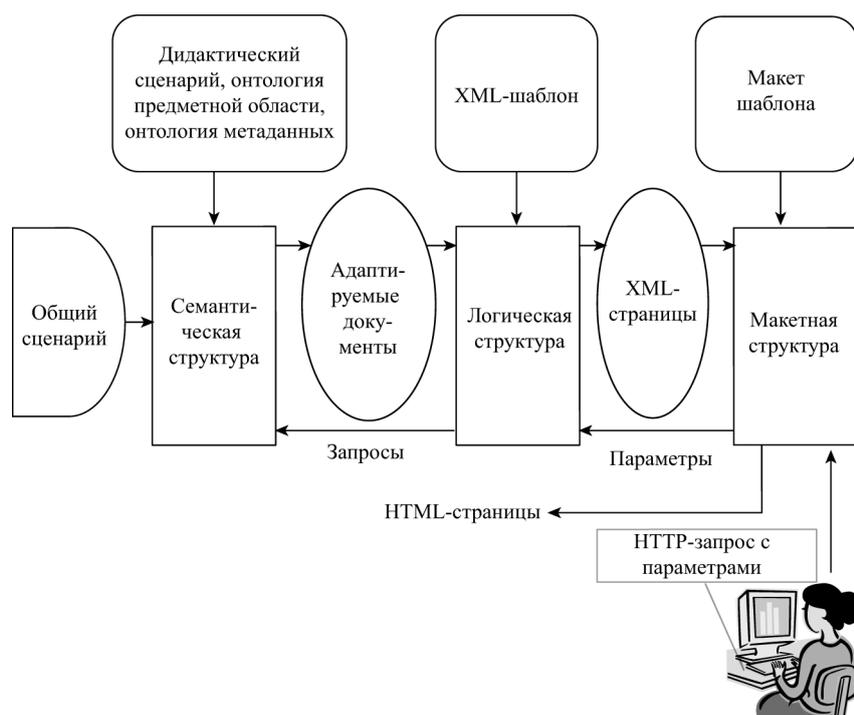


Рис. 2. Структура программного комплекса управления контентом

Структура системы управления контентом включает четыре основных элемента: онтологии метаданных, онтологии конкретной предметной области, которая описывает структуру индексации ресурсов, а также модели сценариев обучения и адаптивного выбора учебных ресурсов. Метаданные – это информация о содержащейся на веб-странице информации. Метаданные являются важной составляющей создания распределенных учебных систем, дающих возможность многократного использования учебных материалов в различных учебных организациях, быстрого и эффективного поиска учебных материалов в сети Интернет, как преподавателями, так и студентами, защиты авторских прав и др.

Метаданные, структурированные в виде иерархии, представляют онтологию, например XML-схему. Онтология предметной области – это формальное описание предметной области, в котором представлены и определены понятия и терминологическая база предметной области. Моделью сценария обучения является ориентированный граф, представляющий основные понятия иерархической модели задачи и связи различных типов, в зависимости от приложения. Су-

ществующие модели сценариев не являются контекстно-зависимыми. Поэтому задача заключается в формализации модели контекста так, чтобы из общего сценария система обучения «вычисляла на лету» конкретный сценарий с учетом индивидуальных особенностей слушателей и текущей учебной ситуации.

Процесс работы системы управления контентом условно можно разделить на несколько этапов: семантический выбор, логическая и макетная сборка. Процесс завершается получением HTML-документа из XML (отображение или рендеринг).

Анализ образовательных запросов пользователей с точки зрения сложности их обработки позволяет выделить их следующие типы: простые запросы (определить новое понятие, пояснить его на примерах и т.п.); изучение отдельного вопроса; изучение темы; изучение раздела курса; изучение учебного курса; запрос уровня образовательной программы, включающей множество взаимосвязанных курсов.

Что касается процесса обслуживания образовательного запроса, то он предполагает итеративное уточнение образовательных потребностей и запросов, детализацию и персонализацию программы обуче-

ния. В результате должна быть построена индивидуальная программа обучения, состоящая из концептов онтологии предметной области. Затем выполняется покрытие программы обучения, составленной из концептов, доступными в образовательном пространстве учебными ресурсами. Однако в открытой образовательной среде доступно большое число учебных ресурсов, а для каждого концепта существует множество вариантов покрытия. Для сокращения перебора должны использоваться дополнительные ограничения пользователя на форму представления материала, стратегии обучения, временные и финансовые ресурсы и т.п. Результатом данного этапа является программа обучения, составленная из реальных учебных объектов.

При построении системы управления контентом предлагается использовать представленные в [13] дидактические подходы к адаптации для идеальной системы обучения, которая позволяет персонализировать и оптимизировать процесс мобильного обучения с учетом контекста (предпочтения пользователя и цели обучения). В частности, для изучения предпочтений пользователя, правильного подбора уровня образовательных ресурсов и наиболее подходящего стиля обучения из базы данных извлекается его профиль, а для поддержки целей обучения предлагается расписание с учетом графика работы пользователя, его местоположения и окружающей обстановки, например уровня шума.

Система управления контентом предусматривает наличие функции, связанной с оповещением пользователя об учебном календаре (чтение лекций, тестирование, выполнение домашнего задания и т.п.) в зависимости от внешних условий, текущей ситуации, в том числе в контексте свободного времени и местоположения.

Немаловажную роль играют также контекстно-зависимые связи: асинхронные (электронная почта, доски обсуждений) и синхронные (онлайн-чаты) для обмена сообщениями между преподавателями и слушателями или между слушателями.

При построении системы управления контентом предлагается использовать модель на основе вероятностных автоматов [14, 15]. В вероятностных автоматах переход из одного состояния в другое происходит в зависимости от случайных входных сигналов или в зависимости от последовательности предыдущих состояний. Обычно вероятностные автоматы используются для демонстрации поведения систем, реакции которых сложно предсказать. В нашем случае предполагается, что слушатель ведет себя как вероятностный автомат.

Алгоритм работы вероятностного автомата отображается в виде стохастического графа с множеством вершин, соединенных ребрами, которые соответствуют вероятностям переходов из одного состояния в другое.

Входная функция вероятностного автомата имеет вид:

$$In(t) = [SS(t), UD(t), SI(t), SM(t)],$$

где $SS(t)$ – состояние слушателя;
 $UD(t)$ – состояние учебной деятельности;
 $SI(t)$ – состояние инфраструктуры;
 $SM(t)$ – состояние окружающей среды.

Выходная функция автомата имеет вид:

$$Out(t + 1) = [UD(t + 1), SI(t + 1)],$$

где $UD(t + 1)$ представляет адаптированное состояние учебной деятельности в момент времени $(t + 1)$;
 $SI(t + 1)$ – адаптированное состояние инфраструктуры в момент времени $(t + 1)$.

Пусть в момент времени t автомат с вероятностью $p_m(t)$ находится в состоянии $UD(t) = UD_m$, а состояние $IS(t) = IS_n$ с вероятностью $p_n(t)$. Множество вероятностей состояний $UD(t) = \{UD_1(t), UD_2(t), \dots, UD_m(t)\}$, множество вероятностей состояний $IS(t) = \{IS_1(t), IS_2(t), \dots, IS_n(t)\}$.

Обучение автомата адаптации происходит по методу поощрений и наказаний [13] по следующим правилам:

– предположим, что в момент времени t , $UD(t) = UD_m$ с вероятностью $p_m(t)$. Если результат обучения «хороший» (например, слушатель удовлетворен), то вероятность

$p_m(t)$ увеличивается и уменьшаются вероятности выбора всех других состояний $UD_s(t)$. В противном случае, если слушатель не удовлетворен, то, наоборот, вероятность $p_m(t)$ уменьшается и увеличиваются вероятности выбора всех других состояний $UD_s(t)$;

– предположим, что в момент времени t , $IS(t) = IS_n$ с вероятностью $p_n(t)$. Если результат обучения «хороший» (например, слушатель удовлетворен), то вероятность $p_n(t)$ увеличивается и уменьшаются вероятности выбора всех других состояний $IS_s(t)$. В противном случае, если слушатель не удовлетворен, то, наоборот, вероятность $p_n(t)$ уменьшается и увеличиваются вероятности выбора всех других состояний $IS_s(t)$.

Например, в непосредственной близости от слушателя имеются две мобильные сети. Задача состоит в выборе сети, которая обеспечит лучшую производительность и надежность для осуществления учебной деятельности. Обозначим через IS_1 инфраструктуру одной сети, а через IS_2 – инфраструктуру другой сети. Вероятность выбора сети IS_1 равна p_1 , а вероятность выбора сети IS_2 равна p_2 . Пусть в момент времени t , сеть IS_n ($n = 1$ или 2) выбирается с вероятностью $p_n(t)$. Если производительность и надежность связи по сети оценивается слушателем как «хорошие», то $p_n(t + 1) = p_n(t) + k_1(1 - p_n(t))$, где k_1 – некоторый коэффициент, $0 < k_1 < 1$. В противном случае, $p_n(t + 1) = p_n(t) - k_2 * p_n(t)$, где k_2 – некоторый коэффициент, $0 < k_2 < 1$. Причем $p_1(t + 1) + p_2(t + 1) = 1$.

В примере используется линейный закон поощрения/наказания, однако обучение может производиться с использованием и других законов в зависимости от ситуации.

3. Разработка сценария обучения

Каждый педагогический сценарий описывает типичную ситуацию внутри системы обучения со специально сформулированной целью. У каждого сценария есть название, параметры и цель. Достижение цели предполагает участие одного или нескольких слушателей

(агентов, индивидов) в одном или нескольких процессах. Сценарий описывает ряд действий и коммуникаций агентов, направленных на достижение конкретной цели.

Создание онтологии педагогических сценариев позволяет наладить взаимопонимание между участниками учебного процесса, повторно использовать ранее созданное знание, облегчает понимание предметной области в терминах задач и функций, обеспечить взаимодействие различных приложений, моделировать семантическое содержание веб-страниц, обеспечить однозначное поведение обучающей системы. К тому же создав онтологию сценариев, понятную и людям и программным агентам, мы более глубоко понимаем предметную область, связанные со сценарием концепты [16]. Создание каталога учебных сценариев поддерживает конструирование новых учебных сценариев.

Индивидуализация процесса обучения в основном достигается через изменения его сценария в зависимости от категории слушателей, от имеющихся образовательных ресурсов и от формы обучения. Эти функции являются ключевыми для построения адаптивной среды обучения. Вопрос заключается в разработке общего сценария, который бы позволял справиться с широким спектром индивидуальных ситуаций в процессе обучения.

Предлагается проводить разработку общего сценария в несколько этапов. На первом этапе создается начальная версия на основе рекомендаций экспертов-преподавателей. На следующем этапе сценарий уточняется и модифицируется с использованием теории антропологии дидактических знаний [17]. Затем проводится формализация иерархической модели задачи, строится типология задач обучения и возможности ее адаптации. Рассмотрим эти этапы подробнее.

Начальная версия общего сценария обучения SC_0 определяется двумя множествами:

$$SC_0 = \langle Ph_1, Ph_2 \rangle,$$

где Ph_1 – множество дидактических рекомендаций для обучения;
 Ph_2 – учебный план.

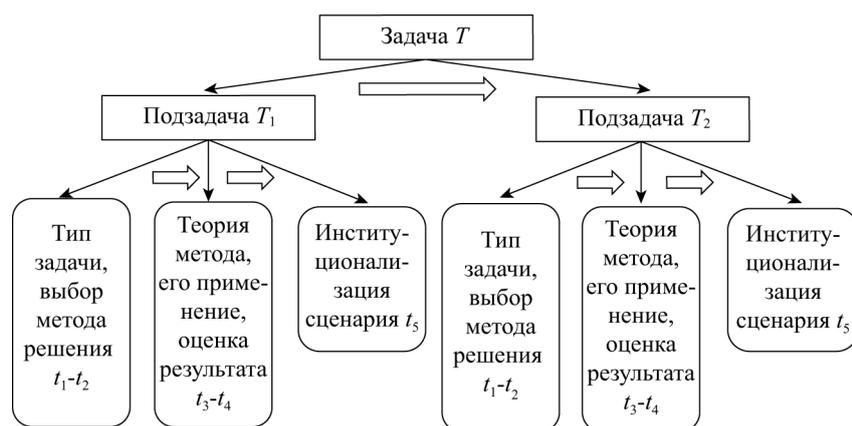


Рис. 3. Пример сигнатуры учебной задачи

Множество Ph_1 включает постановку учебной задачи, учебные ресурсы, объяснение подходов к решению задачи и др. Множество Ph_2 включает дидактическое описание метода решения задачи, необходимые для этого действия и др.

На следующем этапе сценарий уточняется с точки зрения праксиологии (рассматриваются различные действия или совокупности действий с точки зрения установления их эффективности) [18]. Сущность праксиологического подхода состоит в поиске, отборе и внедрении в образовательную практику разнообразных средств, необходимых для ее осуществления с позиций таких категорий, как рациональность, эффективность, технологичность, валеологичность.

В нашем случае праксиология обучающей системы, позволяющая уточнить и структурировать тип решаемой задачи, методы ее решения, варианты сценариев взаимодействия, определяется тройкой:

$$\langle T, M, D \rangle,$$

где T – тип решаемой задачи;
 M – методы ее решения;
 D – дискурс (сценарий взаимодействия).

Сигнатура $\langle T, M \rangle$ имеет иерархическую структуру. Иными словами, задача может быть разложена на ряд подзадач, решение которых достигается с использованием метода M и таких операторов, как секвенция, альтернативный выбор и параллельное выполнение.

Например, предположим, что решение задачи включает секвенцию двух последовательно решаемых

подзадач (T_1 и T_2), а ее сигнатура имеет вид, представленный на рис. 3.

Решение каждой из задач T_1 и T_2 предполагает установление типа задачи (момент времени t_1), исследование типа задачи и выбор метода ее решения (момент t_2), изучение теории выбранного метода (момент t_3), применение метода и оценка результата (момент t_4), институционализация сценария со стороны преподавателя (момент t_5). Институционализация со стороны преподавателя означает, например, что слушатель не приобрел необходимых знаний, или находится в процессе их приобретения, или приобрел необходимые знания.

4. Использование байесовской сети для адаптации к стилю мобильного обучения

Люди отличаются друг от друга, учатся по-разному и учатся по-разному в различные периоды времени. Так как различные индивидуумы имеют различные потребности обучения, то для эффективной работы системы требуются несколько стратегий или стилей. Библиотека стилей должна быть интегрирована в систему обучения. Это помогает персонализировать процесс, адаптировать работу системы к непредсказуемой природе человеческого обучения.

Известно, что разные люди отдают предпочтение различным стилям и методам обучения:

- визуальному (использование картинок, рисунков и объемных моделей);

- акустическому (использование звуков и музыки);
- лингвистическому (использование письменного текста, например в виде лекций);
- логическому (использование логики, математики, систематизации);
- социальному (обучение в группах с другими людьми);
- обособленному (индивидуальное обучение).

Контекстно-зависимая система обучения должна уметь персонализировать наилучший стиль обучения. С этой целью можно использовать аппарат байесовских сетей и эволюционных вычислений [19–22]. Байесовская сеть, согласно Дж. Перлу, является вероятностной моделью, представляющей собой множество переменных и их вероятностных зависимостей. Формально, байесовская сеть – это направленный ациклический граф, каждой вершине которого соответствует некоторая переменная, а дуги графа кодируют отношения условной независимости между этими переменными. Вершины могут представлять переменные любых типов, быть взвешенными параметрами, скрытыми переменными или гипотезами. Разработаны эффективные методы, которые успешно используются для вычислений и обучения байесовских сетей [23]. Если задать некоторое распределение вероятностей на множестве переменных, соответствующих вершинам этого графа, то полученная сеть будет байесовской сетью. На такой сети можно использовать байесовский вывод для вычисления вероятностей следствий событий.

В качестве примера на рис. 4 представлена байесовская сеть, моделирующая стили мобильного обучения.

Вершинами сети являются переменные трех типов: стиль обучения, четыре характеристики стилей обучения (обработка, восприятие, исходные данные, понимание) и различные атрибуты, определяющие характеристики стиля обучения (вики, форум, чат и др.) [24]. После установления вероятностей значений всех вершин графа делается вероятностный вывод о наиболее подходящем стиле обучения.

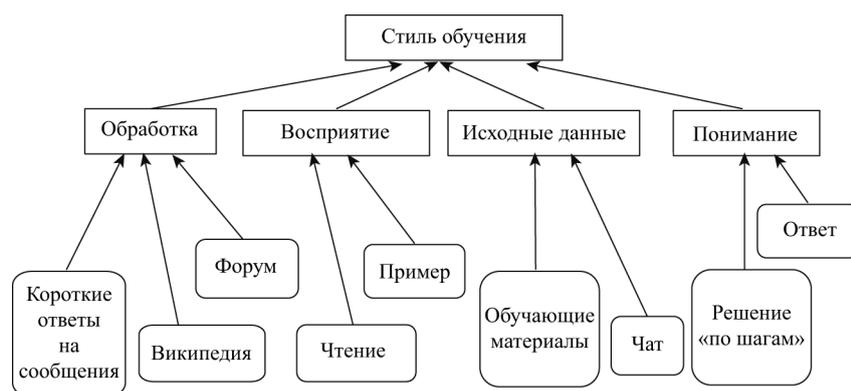


Рис. 4. Байесовская сеть, моделирующая стили мобильного обучения

Для тестирования разработанного на Java автономного мобильного приложения был разработан вопросник. Обследовалась группа из 40 студентов, которые использовали приложение с их мобильного телефона. Средняя оценка по 5-балльной шкале равна 3,9. Отметим, что на данном этапе разработки модель слушателя еще не способна учитывать всю контекстную информацию. Заметной проблемой является также отображение фрагментов контента на дисплее мобильного телефона, а также необходимость организации поиска индивидуальных адаптированных под стиль обучения слу-

шателя учебных материалов. Перспективным направлением решения этой задачи представляется использование многоагентных технологий [25, 26].

Заключение

Основными направлениями моделирования обучающих систем, построенных на основе информационных технологий, являются архитектура информационных обучающих систем, модели обучающего, разработка учебного контента, форматов учебных материалов и системы управления учебной деятельностью.

Обучающие системы, построенные на основе информационных технологий, должны инкорпорировать механизмы для адаптации процесса обучения. Адаптации является основным признаком, который характеризует «индивидуализированное» обучение. В работе предлагается архитектура адаптивной системы мобильного обучения, разрабатывается программный комплекс для управления контентом, рассматривается сценарий обучения, возможности его адаптации, подходы к реализации контента. Задача состоит в том, чтобы система обучения была способна адаптироваться в меняющихся условиях, могла фокусироваться на пользователе, его привычках, навыках, мотивации, текущем местоположении и т.п.

Одним из преимуществ мобильного обучения (*m-learning*) является возможность предоставления доступа к учебным материалам в любое время в любом месте. При этом программное обеспечение информационных обучающих систем должно быть интероперабельным, многократно используемым, адаптивным и экономически доступным.

Литература

1. Коуллопулос Т.М., Франпаоло К. Управление знаниями. – М.: Эксмо, 2008. – 218 с.
2. Грачев В.В., Ситаров В.А. Персонализация обучения: требования к содержанию образования // *Alma mater. Вестник высшей школы.* – 2006. – № 8. – С. 11–15.
3. Koper, R., Olivier, B. Representing the Learning Design of Units of Learning // *Educational Technology & Society.* – 2004. – Vol. 7 (3). – P. 97–111.
4. Nodenot, T. Contribution à l'Ingénierie dirigée par les modèles en EIAH: le cas des situations-problèmes cooperatives // Pau: Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2005.
5. Курейчик В.В., Бова В.В., Нужнов Е.В., Родзин С.И. Интегрированная инструментальная среда поддержки инновационных образовательных процессов // *Открытое образование.* – 2010. – № 4(81). – С. 101–111.
6. IMS Global Learning Consortium. Официальный сайт: <http://www.imsglobal.org> (дата обращения: 12.04.2013).
7. Вербицкий А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. – М.: Высшая школа, 1991. – 207 с.
8. Gruber, T.R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // *International Journal of Human and Computer Studies.* – 1993. – №. 43(5/6). – P. 907–928.
9. Бова В.В. Методы поддержки принятия решений в построении адаптивных моделей образовательных процессов // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2008. – № 4. – С. 221–225.
10. Кравченко Ю.А. Оценка когнитивной активности пользователя в системах поддержки принятия решений // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2009. – № 4. – С. 113–117.
11. Кравченко Ю.А. Концептуальные основы рефлексивно-адаптивного подхода к построению интеллектуальных информационных систем // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2011. – № 7. – С. 167–171.
12. Garlatti, S., Iksal, S. A Flexible Composition Engine for Adaptive Web Sites // *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems / eds.: Springer Verlag.* – 2004. – Vol. LNCS 3137. – P. 115–125.
13. Zarraonandia, T., Fernandez, C., Diaz, P., Torres, J. On the way of an ideal learning system adaptive to the learner and her context // *Proc. of Fifth IEEE Int. Conf. on Advanced Learning technologies, 2005.* – P. 128–134.
14. Поспелов Д.А. Вероятностные автоматы. – М.: Энергия, 1970. – 88 с.
15. Economides, A.A. Adaptive Mobile Learning // *Proc. the 4th Int. Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education, 2006.* – P. 263–269.

16. *Бова В.В.* Модели предметных знаний на основе системно-когнитивного анализа // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7. – С. 146–153.
17. *Бим-Бад Б.М.* Педагогическая антропология. – М.: УРАО, 1998. – 576 с.
18. *Григорьев Б.В., Чумакова В.И.* Праксиология или как организовать успешную деятельность. – М.: Школьная пресса, 2002. – 139 с.
19. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход. – М.: ИД «Вильямс», 2007. – 1410 с.
20. *Тулупьев А.Л., Николенко С.И., Сироткин А.В.* Байесовские сети: логико-вероятностный подход. – СПб.: Наука, 2006. – 607 с.
21. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 16–24.
22. *Курейчик В.В., Родзин С.И.* О правилах представления решений в эволюционных алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7. – С. 13–21.
23. *Боженюк А.В., Гинис Л.А.* Об использовании нечетких внешне устойчивых множеств для анализа нечетких когнитивных карт // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2007. – Т. 14. – Вып. 5. – С. 857.
24. *Курейчик В.М., Писаренко В.И., Кравченко Ю.А.* Технология многоаспектного аналитического исследования как метод машинного обучения // Открытое образование. – 2008. – № 2. – С. 11–17.
25. *Родзина Л.С.* Прикладные многоагентные системы. Программирование на платформе JADE. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co., 2011. – 174 с.
26. *Курейчик В.М., Родзин С.И.* Компьютерный синтез программных агентов и артефактов // Программные продукты и системы. – 2004. – № 1. – С. 23–27.