

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В АДАПТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

Попова Ю.Б., Бураковский А.И.
БНТУ, г.Минск, Беларусь, julia_popova@mail.ru,
БНТУ, г.Минск, Беларусь, sasha_buka@list.ru

В настоящее время активно ведутся работы по созданию интеллектуальных обучающих систем, автоматизированных обучающих систем (АОС) и адаптивных сетевых обучающих систем (в литературе также встречается термин «интеллектуальные адаптивные обучающие системы»), которые появились как альтернатива и дополнение к традиционному подходу в разработке компьютерного учебного курса. Адаптивная обучающая система позволяет учитывать некоторые характеристики каждого обучаемого и затем выстраивает индивидуальную стратегию обучения. Изменения, вносимые адаптивной системой в процесс обучения, могут затрагивать как порядок обучающих концептов (тем), так и содержимое каждой страницы. Поэтому качество процесса обучения здесь напрямую зависит от моделей, методов и механизмов адаптации, используемых в системе [1].

В [2] выделены следующие преимущества адаптивных систем обучения:

- уменьшение непроизводительных затрат живого труда учителя, который в этом случае превращается в технолога современного учебного процесса, где ведущая роль отводится не только и не столько обучающей деятельности педагога, сколько учению самих учащихся;
- предоставление учащимся широких возможностей свободного выбора собственной траектории обучения;
- дифференцированный подход к учащимся, основанный на признании того факта, что у разных учеников предыдущий опыт и уровень знаний в одной области различны, каждый ученик приходит к процессу овладения новыми знаниями со своим собственным интеллектуальным багажом, который и определяет степень понимания им нового материала и его интерпретацию, т.е. осуществляется поворот от овладения всеми учащимися одного и того же материала к овладению разными учащимися разного материала;
- оперативность и объективность контроля и оценки результатов обучения;
- непрерывная связь в отношениях «учитель-ученик»;
- индивидуализация учебной деятельности (дифференциация темпа обучения, трудности учебных заданий и т.п.);
- повышение мотивации обучения;
- развитие у учащихся продуктивных, творческих функций мышления, рост интеллектуальных способностей.

На данный момент интеллектуальные системы не обеспечивают адаптивность на должном уровне. Зачастую вся адаптация сводится к определению знаний учащегося на уровне «слабый», «средний», «сильный» и разделения соответствующей порции знаний на требуемые части, в зависимости от этого уровня. Таким образом, никакой индивидуализации траектории обучения не происходит.

В процессе обучения учитель использует специальные знания трех основных типов [3]: 1) знания о предмете обучения (чему учить); 2) знания об ученике (кого учить); 3) знания о стратегии и методах обучения (как учить). В современных интеллектуальных АОС указанные типы знаний явно выделены и представлены с помощью различных моделей, методов, алгоритмов и технологий искусственного интеллекта. На основе этих знаний АОС способна выполнять все основные функции учителя – предоставлять ученику учебный материал,

контролировать степень усвоения учеником этого материала, помогать в решении задач, определять причины ошибок ученика и формировать на этой основе соответствующие учебные воздействия.

Процесс обучения в интеллектуальных системах сформулирован в [3] как задача управления. Ученик при этом выступает в качестве объекта управления (ОУ), а АОС выполняет функции устройства управления (УУ) - рисунок 1. На рисунке приняты следующие обозначения: Ψ – состояние внешней среды; Y – состояние ученика; I_Ψ, I_Y – соответствующие измерители; Ψ', Y' – результаты измерения величин Ψ, Y ; X – управляющие (обучающие и контролируемые) воздействия; D_x – ресурсы (ограничения на управление); Z^* цель управления, состоящая в переводе ученика в требуемое состояние Y^* .

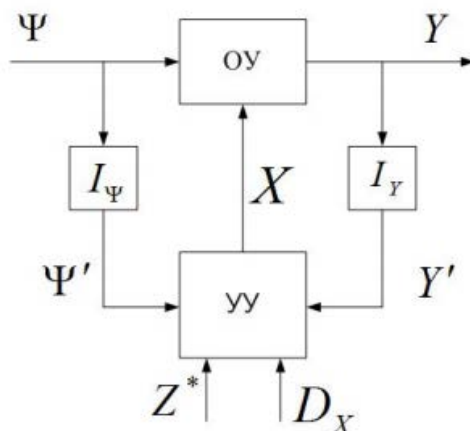


Рисунок 1 – Общая структура АОС [3]

Во введенных обозначениях общее правило функционирования АОС в [3] представлено в следующем виде: АОС, получая на входе информацию о состоянии среды Ψ' и состоянии ученика Y' , а также информацию о цели Z^* и ресурсах D_x , выдает на выходе допустимое управление

$$X = A(\Psi', Y', Z^*) \in D_x,$$

переводящее ученика из текущего состояния в состояние, близкое к Y^* . Здесь A - алгоритм управления процессом обучения.

Предполагая, что модель ученика, связывающая его наблюдаемые входы и выходы, имеет вид $Y' = M_L(\Psi', X)$, в [3] задача синтеза оптимального управления X^* записывается в виде:

$$\text{Min}_X \mu(Y - M_L(\Psi', X)) = \mu(Y - M_L(\Psi', X^*)), X \in D_x,$$

где $\mu(*)$ - символ некоторой меры близости.

Цель управления Z^* в [3] записана как совокупность целей

$$\begin{aligned} \varphi_i &= \varphi_i(\Psi', Y', X) = a_i, \\ \chi_j &= \chi_j(\Psi', Y', X) \geq b_j, \\ \eta_k &= \eta_k(\Psi', Y', X) \rightarrow \text{extr}, \end{aligned}$$

где $\varphi_i(\Psi', Y', X), \chi_j(\Psi', Y', X), \eta_k(\Psi', Y', X)$ – некоторые функциональные преобразования над переменными; a_i, b_j – заданные константы; $i, j, k = 1, 2, \dots$

Целью $\varphi_i = a_i$ могут быть те знания, которые обязательно должны принадлежать множеству знаний ученика, $\chi_j \geq b_j$ – практический уровень знаний и умений, а значением $\eta_k \rightarrow extr$ может служить средний балл ученика по изучаемому предмету [3].

Процесс синтеза модели ученика M_L является повторяющимся (состоит из итераций), и в нем можно выделить два этапа: структурный и параметрический синтез.

На первом этапе в [3] предлагается определить способы формализации величин Ψ', Y', X и зависимости $Y' = M_L(\Psi', X)$. При этом величины Ψ', Y' задают в виде векторов

$$\Psi' = (\psi'_1, \psi'_2, \dots), \quad Y' = (y'_1, y'_2, \dots),$$

а величину $X = (U, V)$ – в виде векторов обучающих $U = (u_1, u_2, \dots)$ и контролирующих $V = (v_1, v_2, \dots)$ воздействий. Зависимость $Y' = M_L(\Psi', X)$ представляют в виде некоторой функции $F_L \in \mathbf{F}_L$, определенный с точностью до вектора параметров $S = (s_1, s_2, \dots)$. Здесь \mathbf{F}_L – некоторый класс функции.

Во введенных обозначениях модель ученика приобретает вид:

$$Y' = F_L(\Psi', X, S), \quad S \in D_S,$$

где D_S – множество допустимых значений вектора параметров S .

На этапе синтеза параметров (или идентификации параметров) устанавливается значение элементов вектора S , т.е. значение параметров s_1, s_2, \dots . В этом случае могут использоваться три способа: идентификация в режиме нормальной эксплуатации объекта управления (при отсутствии специальных управляющих воздействий X), идентификация на основе организации специальных экспериментов с учеником, а также комбинированный подход [3].

В общем виде задачу идентификации на основе специальных управляющих воздействий можно представить в виде

$$\min_S \|Y' - F_L(\Psi', X, S)\| = \|Y' - F_L(\Psi', X, S^*)\| = \|Y' - F_L^*(\Psi', X, S)\|, \quad S \in D_S, \quad (1)$$

где $\|*\|$ – некоторая векторная форма, $F_L^*(\Psi', X)$ – необходимая модель ученика.

Для решения задачи (1) на данный момент существует несколько типов моделей ученика: оверлейные модели, имитационные модели, стереотипичные модели, разностные и пертурбационные модели. Каждая из моделей достаточно широко рассматривается в работе [3].

Оверлейная модель (overlay model) описывает знания ученика, как некоторое подмножество всех знаний используемой модели знаний. Модель является частным случаем, так называемой, фиксирующей модели ученика, простейшим вариантом которой является его *скалярная модель*, представляющая собой некоторую интегральную оценку знаний ученика в какой-либо шкале. Более сложными фиксирующими моделями ученика являются его векторная и сетевая оверлейные модели.

Векторная оверлейная модель представляет собой совокупность всех понятий рассматриваемого учебного курса и/или умений, соответствующих этому курсу, каждому из которых поставлено в соответствие значение «знает - не знает» или «умеет - не умеет». Преимуществом векторной модели является ее простота, а недостатком – то, что она не только не отражает когнитивные процессы и методы решения задач обучаемого, но и игнорирует связи между понятиями [4, 5].

Сетевую оверлейную модель определяют как графовое представление семантической сети предметной области данного учебного курса, в котором каждому узлу и каждой дуге сопоставлена одна или несколько величин, определяющих степень овладения учеником соответствующих понятий и отношений между ними. По способу оценки знаний ученика оверлейные модели разделяют на бинарные («изучено - не изучено»), взвешенные (используется

та или иная количественная шкала), вероятностные (оценка рассчитывается по вероятностной шкале) и нечеткие (с использованием нечетких множеств) [4].

Расширением сетевой оверлейной модели можно считать генетическую графовую модель. В отличие от оверлейной модели эта модель содержит не только нормативные понятия и отношения между ними, но и различные уточнения, обобщения, конкретизации и отклонения от нормативной модели, обусловленные особенностями знаний ученика. Например, с помощью отношения «уточнение» в генетической графовой модели могут быть описаны индивидуальные особенности понимания учеником тех или иных понятий [5].

Недостаток оверлейной модели ученика заключается в трудности ее инициализации. В этой связи в качестве модели знаний предметной области лучше использовать семантическую сеть, содержащую в качестве концептов обучающие элементы изучаемой предметной области, а также тесты для контроля уровня усвоения учениками этих элементов.

Оверлейную модель ученика формально можно представить в виде набора параметров $M(p_1, p_2, \dots, p_n)$, которые определяет педагог на стадии разработки курса. Значения параметров задаются арифметическими или логическими выражениями, которые включают операции, константы, другие параметры модели. Чтобы определить степень достижения учебной цели, текущую модель ученика можно сравнивать с экспертной (целевой). Последняя будет иметь те же параметры, но определенные «идеальными» значениями. Целевую модель можно обозначить $M_c(p_{1c}, p_{2c}, \dots, p_{nc})$.

Чтобы модель ученика была более гибкой, можно допустить, что она содержит большее количество параметров, чем целевая. Это означает, что в процессе работы система или обучаемый могут добавить любое количество параметров по необходимости. Структура параметра может быть определена так:

$$P_i = \begin{cases} \text{список_значений,} \\ \text{min : max,} \\ \text{NULL,} \end{cases}$$

где «список значений» - это все возможные значения параметра; min, max – минимальное и максимальное значение параметра; NULL – означает, что параметр не задействован.

Модель разностного типа (дифференциальная модель) строят на основе различий между ответами ученика и соответствующими знаниями из базы знаний АОС. Важно, что модель данного типа позволяет учитывать не только отсутствие знаний у ученика, но и искажения этих знаний. С формальной точки зрения, разностную модель можно считать модификацией модели оверлейного типа.

Модель пертурбационного типа [6] основана на предположении, что знания ученика и знания в базе знаний АОС могут частично не совпадать. Важной функцией модели пертурбационного типа является определение причин указанного расхождения знаний.

Имитационные модели предполагают представление знаний ученика в виде некоторых структур данных, а его умений - в виде процедур и механизмов их интерпретации. Имитационная модель ученика, как правило, включает в себя его модели ошибок, ограничений и фальшправил.

Модель ошибок в той или иной форме фиксирует ошибки ученика, совершенные им при тестировании. Хотя модель ошибок традиционно относят к текущей модели ученика, эту модель проектируют заранее и ее, вероятно, следовало бы классифицировать, как нормативную модель ошибок. Ученик в процессе обучения совершает некоторые из ошибок этой модели, перечень которых составляет модель ошибок данного ученика.

Модель ограничений представляет собой совокупность нижних и верхних границ для уровней учебных достижений ученика. Здесь нижняя граница соответствует наиболее конкретным формам понятия или умения, а верхняя граница – их наиболее общим формам.

Основная идея *стереотипичных моделей* (stereotype models) состоит в выделении некоторого набора типовых (стереотипичных) по своим параметрам учеников. На основе этого набора для данного ученика определяют вероятность принадлежности его к каждому из указанных стереотипов. В качестве целевого выбирают стереотип, вероятность принадлежности к которому максимальна. По сравнению с оверлейной моделью данная модель значительно менее мощна, но ею легче управлять и, главное, инициализировать [7].

Выводы

Моделирование обучаемого значительно расширяет возможности компьютерных обучающих систем. Благодаря модели, система может предложить пользователю индивидуальный способ изучения курса, выполнить оптимальный подбор упражнений, активно поддерживать интерес к предмету на протяжении всего обучения.

Следует отметить структурное многообразие моделей. При этом отмечается единообразие по содержанию модели: она всегда отражает некоторую информацию об ученике, что позволяет четко и надежно определить ее место в обучающей системе. Интересно, что модели, призванные решать одну и ту же задачу – адаптировать систему к потребностям ученика – имеют разное строение. Одни являются хранилищем знаний об обучаемом, другие представляют собой последовательность его действий. Это связано с широтой понятия «информация об ученике» и с многообразием форм и методов адаптации.

Анализируя традиционные модели, можно сделать вывод, что ни одна из них не охватывает полную деятельность обучаемого. Все они в той или иной мере специфичны и предназначены для определенной области применения. Также в связи с многообразием моделей ученика возникает задача оценки качества этих моделей, что является составной частью оценки качества АОС [3]. В качестве критерия качества модели ученика целесообразно использовать критерий, тем или иным образом формализующий степень соответствия информации об ученике в его модели реальным характеристикам ученика. Примером такого критерия может быть мера различия чувствительности модели к изменению значения ее некоторого параметра и реальной чувствительности ученика к изменению той же величины.

Литература

1. Башмаков, А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков — М.: Филинь. — 2003. — С. 124–127.
2. Адаптивное обучение на основе информационных технологий: [Электронный ресурс] / Томский государственный университет/ Демкин В.П., Можяева Г.В., Яковлева А.Г., 2003 – Режим доступа: http://tm.ifmo.ru/tm2003/db/doc/get_thes.php?id=236 – Дата доступа: 09.11.2014.
3. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор // Наука и образование: [Электронный ресурс] / МГТУ им. Н.Э. Баумана / Карпенко А. П., 2011. - Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/193116.html> - Дата доступа: 09.11.2014.
4. Шабалина, О.А. Модели и методы для управления процессом обучения с помощью адаптивных обучающих систем: Дис.канд. техн. наук: 05.13.10 / О.А. Шабалина.- Астрахань, 2005.
5. Атанов Г.А. Обучение и искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы / Г.А. Атанов, И.Н. Пустынникова.– Донецк: Изд-во ДООУ. - 2002.
6. Кузнецов А.В. Методика тестирования знаний и устранение случайных ошибок / А.В. Кузнецов // Educational Technology & Society. - 2007.

7. Батуркин, С.А. Адаптация и оценка ее эффективности управления учебным процессом / С.А. Батуркин // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2011.