

ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕРАКТИВНОЙ КОМПОНЕНТЫ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Левинская М.А.

(Москва)

В статье обсуждается вопрос контроля знаний в обучающих системах. Приведен обзор наиболее известных сегодня обучающих систем. Выделены два основных метода оценивания: тестовый и традиционный. Отмечены некоторые минусы тестовой проверки и предложена модель интерактивной компоненты, осуществляющей традиционную проверку и реализованную как экспертная система с продукционным представлением знаний.

INTERACTIVE COMPONENT OF TUTORIAL SYSTEM WITH PRODUCTION RULES

Levinskaia M.A.

(Moscow)

Question of knowledge's control is discussed in the article. It contains a review well-known tutoring systems. Two main methods of estimation are showing. There are multichoice method and traditional method. Some disadvantages of multichoise method are exposure and describe of the interactive component with traditional estimation method is presented as production expert system.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности обучения является одной из глобальных задач общества. Эффективность обучения, в свою очередь, связана с использованием информационных технологий и в значительной степени зависит от качества обучающих программ, степени их соответствия особенностям образовательного процесса. Таким образом, задача создания полноценных обучающих систем, имеющая тридцатилетнюю историю, остается актуальной и сегодня. Под словом "полноценная" обучающая программа имеется в виду система, способная взять на себя большую часть работы преподавателя по передаче знаний обучаемому и контролю полученных знаний. На сегодняшний день существует довольно много обучающих программ, однако, большинство преподавателей относится к таким программам довольно скептически. Действительно, большинство обучающих программ, представленных на рынке не лишены недостатков, особенно если рассматривать контроль знаний. Как правило, если в программе и существует интерактивная компонента, то это тестовые задания (или multichoice). Авторами предложена альтернативная система проверки знаний - традиционная. В наибольшей степени проблема создания такой проверки решена для точных наук (в частности, математики), как для наиболее формализуемой области.

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Первые обучающие программы (системы) были созданы для простейших персональных компьютеров, они были написаны практически без участия специалистов по дидактике. В дидактическом плане они были примитивны и представляли собой, по сути дела, переписанные из учебников тексты, сопровождающиеся вопросами. Обучаемым теперь предлагалось читать учебный материал не в книгах, а на экране дисплея. Затем главенствующими оказались идеи мультимедиа, однако дидактическая культура разработчиков была низкой, а реализация новых технических возможностей опережала дидактическую мысль. Сейчас создано огромное количество различных программ учебного назначения по многим учебным предметам, однако, существенного влияния на учебный процесс это не оказывает.

Компьютер в обучении используется, в основном, как заменитель традиционных дидактических средств. Упор в большинстве применяемых компьютерных программ делается на наглядность, которая с помощью компьютера реализуется чрезвычайно эффективно. Но зачастую обучение этим и ограничивается, поскольку программы являются, по сути дела, информационными или демонстрационными.

Пренебрежение дидактикой, непонимание ее роли приводит к тому, что использование иных обучающих программ даже наносит вред учебному процессу. Около десяти лет назад число таких программ составляло около 90% [1]. Конечно, электронные учебно-методические пособия и средства обучения могут сыграть и играют весьма значительную роль в совершенствовании процесса обучения. При этом охватываются все традиционные формы и выявляются новые возможности и направления: дистанционное обучение (очно-заочное); обучение определенных социальных групп населения (инвалиды, реабилитационные программы и т.п.) [2]. Однако дидактический подход остается прежним, отвечающим принципам информационного обучения, - обеспечить легкодоступность знаний, под которыми понимается учебная информация. Для обеспечения эффективности учебного процесса автоматизированный учебно-методический комплекс должен принципиально отличаться от текстовых учебников и задачников. Электронный учебник обязательно должен содержать средства для самоконтроля усвоения учебных материалов. Однако, пока большинство электронных учебников или не имеют таких средств, или они чрезвычайно примитивны.

В [3] электронный учебник определяется как обучающая программная система комплексного назначения, обеспечивающая непрерывность и полноту дидактического цикла процесса обучения, предоставляющая теоретический материал, обеспечивающая тренировочную деятельность, математическое и имитационное моделирование с компьютерной визуализацией и сервисные функции при условии осуществления интерактивной обратной связи. Следовательно, электронный учебник обязан содержать интерактивную компоненту или проверку знаний обучающегося. Откуда следует, что выше изложенная критика в

адрес некоторых обучающих программ, являющихся перепечатанными учебниками, проистекает из-за того, что данные программы не полностью удовлетворяют определению электронного учебника. Именно реализация интерактивной компоненты (проверки) наиболее интересна в реализации электронного учебника или обучающей программе.

К любой обучающей системе выдвигается требование, если не заменить преподавателя полностью (что, судя по всему невозможно), то максимально облегчить его работу и взять на себя часть его функций. Конечно, ни сегодня, ни в обозримом будущем, ни одна учебная программа не сможет заменить хорошего учителя. Но мнение, что учитель, в принципе, может прекрасно обходиться и без привлечения компьютерных средств (Дубровский - научный руководитель проекта «1С: Репетитор. Математика»)[5], добиваясь при этом высокой эффективности обучения ошибочно. Обучающие программы должны работать вместе с учителем и учитель должен выступать в роли эксперта и передавать компьютеру свои знания, а дальше основную по времени работу должна выполнять программа. Существует потребность в создании интерактивных систем, где на компьютер ложится задача диалога с учеником и проверка решения. Диалоговое взаимодействие обеспечивает следующие аспекты обучения: непрерывный контроль деятельности обучаемого, диагностирование, управление системой со стороны самого обучаемого [8].

К недостаткам традиционных электронных учебников следует отнести отсутствие средств контроля усвоения знаний в процессе работы с ними, а также ориентации на определенный уровень знаний студентов. В этом случае, ЭВМ отводится пассивная роль воспроизведения текста, графики и другого иллюстративного материала, а не активная роль, свойственная преподавателю.

Программы-тесты лишь частично моделируют работу учителя по проверке знаний обучаемого. Несмотря на наличие интерактивности, «директивность» обучающих программ с заранее заданным сценарием и обязательным контролем в заранее определенных местах является недостатком, лишаящим обучаемого инициативы и накладывающая свои ограничения на ученика. Одним из ограничений является примитивность процедуры

оценивания и истинности выбранного обучаемым варианта ответа, отсутствие возможности учитывать неполные и неточные ответы. Поэтому в некоторых системах вводятся методы нечеткого оценивания. Тем не менее, остается следующее ограничение: в тестах выбор ответа возможен только из списка предложенных, Например, в ОС по математике это дает возможность обратной проверки, что не желательно. Все это говорит о том, что интерактивная компонента, более совершенных программ, обязана обладать искусственным интеллектом, и следовательно, определенной базой знаний. Такой подход даст возможность проверять ответ обучаемого, введенный в произвольной форме, аналогично тому, который он может написать в тетради. Базу знаний для такой обучающей программы должен заполнить эксперт по знаниям или по возможности сам учитель, исходя из того, какие правила известны ученикам. То есть база знаний не является константой в ОС, а настраивается в зависимости уровня знаний ученика. Это есть требование адаптивности программы. Важно иметь базу легко изменяющихся текстовых сообщений, необходим изменяющийся каталог ошибок, включающий ошибку, описание ошибки, сопровождающее сообщение к этой ошибке. Данное требование (адаптивности) не применимо к программе-тесту с жестко фиксированными сообщениями "верно"- "неверно"(правильно-неправильно).

Таким образом, к обучающей системе выдвинуты следующие требования

1) интерактивность 2) интеллектуальность 3) адаптивность.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Если рассматривать существующие обучающие системы, то некоторые из них, как и указывалось раньше, не удовлетворяют требованию интерактивности (например, некоторые продукты "Мультимедиа технологии и дистанционное образование"). Однако, несмотря на то, что многие предлагаемые продукты в образовательной сфере интерактивны, эта интерактивность заключается в тестовых заданиях, что негативно сказывается на качестве обучения. К таким программам можно отнести, например продукт "Шпаргалки" ("Гуру-Софт") и продукты "Репетитор по математике" Кирилла и Мефодия, «Решebник по математике (для поступающих в вузы)», разработанный компанией «Руссо-

бит-М».

В некоторых продуктах ("Репетитор по математике" Кирилл и Мефодий) реакция на правильный и неправильный ответ весьма разнообразна и может зависеть от выбранного учителя. Это прибавляет программе адаптивности, однако ошибки пользователя никак не классифицируются на грубые и не грубые, и пользователь не получает конструктивной информации относительно введенного им ответа. Тесты не несут в себе интеллектуального ядра. То есть программы с тестовым контролем знаний интерактивны и некоторые из них адаптивны, но не интеллектуальны.

В программах Физикона "Открытый колледж", "Открытая математика" помимо тестов (занимающих большую часть вопросов) существуют вопросы с требованием ввести ответ самостоятельно. К сожалению, выбрана не адаптивная форма ответа с соглашениями Maple - строки степень - \wedge и т.п. Здесь при проверке ответа формула $x=6,5$ не то же самое что $x=13/2$ и $x=6 \frac{1}{2}$. Ученику предлагается преобразовать все выражение. Реакции на вводимые ответы эквивалентно или не эквивалентно без каких-либо подсказок относительно дальнейших действий. Одной из программ с возможностью произвольного ввода ответа в общепринятой визуальной форме является программа "Курс математики Боровского" ("Медиа-Хауз"). Однако даже при этом ученик сильно ограничен во вводе ответа. Попытка ввести $2\cos x \sin x$ вместо $2\sin x \cos x$ оканчивается неудачей уже при вводе $\cos x$, так как от ученика требуется ввести ответ полностью совпадающий с ответом методиста.

Интерактивной и интеллектуальной программой с адаптивной формой ответов (использующих математическую символику) является программы фирмы 1С, такие как 1С - репетитор по математике. Хотя следует отметить явное отличие стиля математической символики от классических канонов школьного или вузовского учебника. При вводе ответа авторы заранее предупреждают о некоторых ограничениях ввода. Так, например, при текстовом вводе 0.5 не равно 1/2 и некоторые другие ограничения. В формульном вводе, наоборот, формулы проверяются по значению и может быть принят приближенный ответ, ответ в нестандартной форме ($\sqrt{0,025}$); и наоборот если объедине-

ние нескольких промежутков само является промежутком, то его следует записывать как один промежуток! В противном случае ответ будет признан ошибочным[4]

Реакция на ответы как и в большинстве обучающих систем является не адаптивной и представляет собой 2 сообщения: верно-неверно(тренажеры устного счета 1С) и пользователь также как и в рассмотренных выше программах не получает полезной информации относительно введенного им ответа. Учитывая, что обучающий эффект в тренирующих системах обеспечивается за счет оказания помощи пользователю в процессе решения задачи, в примере с промежутками система должна попросить объединить промежутки и классифицировать эту ошибку как не грубую. Допущенная ошибка качественно отличается от такой ошибки, как, например, полностью неправильно введенное множество.

К интеллектуальным программам можно отнести некоторые решатели задач (UMS, "Северный очаг"), но, не являясь при этом интерактивными программами, они не могут быть отнесены к полноценным обучающим программам. Модуль контроля знаний в таких системах отсутствует. Еще один интересный пример обучающей программы - ComputerMentor(Win Master). Здесь задачи генерируются на лету, и каждый ученик имеет свою личную задачу с интерактивным ответом. В плане дидактики минусами этой программы является то, что метод решения ученику не показан, а следовательно сложные задачи обучаемый должен будет решать отдельно в тетради, после чего записывать ответ на компьютере. В плане адаптивности эта программа проигрывает многим перечисленным выше. Ответ вводится в формате Maple-строки, что не совсем естественно для школьника и требует определенного навыка. Например, $\text{root}(3)$ есть строка $\text{sqrt}(3)$ и т.д. Реакции на введенное выражение в рассматриваемой программе может быть 2-х типов верно или неверно. Причем от школьника принимаются и приближенные ответы (0,333 вместо $1/3$) и ответы, написанные в некорректной форме, такие как несокращенные дроби или выражение $(4+s)^2/(4+s)$ вместо $4+s$, хотя 1-ое выражение неопределенно при $s = -4$ и в некоторых задачах это принципиально.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АДАПТИВНАЯ ПРОВЕРКА В ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

Авторами разработан ряд электронных учебников по математике: "Математика абитуриенту", диски серии «Все задачи школьной математики» [6, 7], удовлетворяющих описанным выше требованиям: интерактивность, интеллектуальность, адаптивность. Интерактивные формулы в этих учебниках встречаются не только в ответе, но и по ходу решения задачи. От ученика прячется вся формула, ее часть или несколько частей формулы (в зависимости от контекста задачи). Ученик должен будет ввести недостающие части формул при самостоятельном решении задачи, в порядке необходимом для получения ответа. Например (рис 1):

Формула квадрата разности: $a^2 - b^2 = (\) (a + b)$

Рис. 1. Интерактивная формула

Принципы, по которым прячутся формулы, выработаны преподавателями, некоторая часть выведенных правил интерактивности автоматизирована при помощи методов искусственного интеллекта. Так, например, в формулах, являющихся ответами уравнений и неравенств важно, чтобы обучаемый не знал заранее количество решений и имел возможность ввести весь ответ целиком, как набор выражений. При проверке его ответа возможна реакция: "Потеряны решения" или "Посторонние решения".

При таком подходе к проверке знаний ученика, исключается перебор вариантов и возможность обратной проверки. Ответ вводится в произвольной форме, причем, соблюдая требование адаптивности, форма записи максимально приближена к записи ответа в тетради, включая лексикографические правила записи формул.

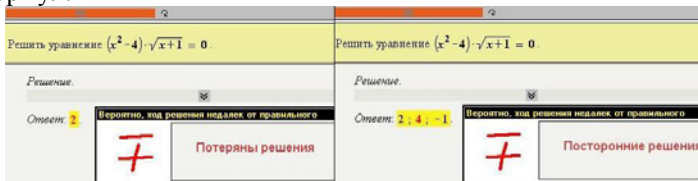


Рис. 2. Пример проверки формулы

Проверка формул осуществляется интеллектуально. Сравнение введенных и правильных (эталонных) формул в системе осуществлено методами искусственного интеллекта, как сопоставление с образцом в РЕФАЛЕ. Правила преобразования формулы в эквивалентную есть продукции вида $A \Rightarrow B$ или правила вывода. Данные правила вывода будут трактоваться подобно РЕФАЛУ, если можно проунифицировать заданную учеником формулу или подформулу с левой частью правила, то преобразовать ее в B . Другими словами, при преобразовании формулы для каждого правила из базы знаний происходит проверка на применимость: выполняется операция сопоставления с образцом, аналогичная методу унификации в алгоритмических языках логического программирования и рекурсивных функций. Автором предложен метод унификации на рекурсивных структурах. При успешной унификации происходит замена формулы A на формулу B . То есть база знаний или набор правил - это аналог программы на РЕФАЛЕ (за исключением синтаксиса). Преобразователь же берет на себя функции самого РЕФАЛА: рекурсивно преобразовать заданную учеником формулу в другую формулу при помощи указанных в базе знаний правил вывода. Однако *принципиальное различие* здесь в том, что РЕФАЛ работает над символьными объектами, а преобразователь – над деревьями.

Учитывая, что преобразования ведутся над формулами, наиболее естественным является использование рекурсивных структур. Процесс унификации значительно сокращается, а выделение термов производится в процессе разбора строки в дерево, который происходит однократно. Еще один существенный плюс работы РЕФАЛА на деревьях относится к возможности переопределить равенство в пространстве деревьев, учитывая аксиомы точных наук, такие как $a+b = b+a$, что существенно облегчает создание баз правил в конкретных науках (кроме математики, физики, химии может быть даже лингвистика). Для реализованной таким образом проверки формулы $2xu$ и $2ux$ полностью эквивалентны, однако $3/5$ и $6/10$, несмотря на численное равенство, не являются эквивалентными: требуется сократить дробь, и программа сообщает об этом пользователю (рис 2). Также эквивалентность формул зависит от типа спря-

танной формулы. Так формулы a^2-b^2 и $(a-b)(a+b)$ эквивалентны, однако в задании разложить на множители a^2-b^2 не эквивалентно $(a-b)(a+b)$ и проверяемая формула должна содержать множителей не меньше чем в эталонной формуле. Учитывая, что в системе 24 типа проверки и для каждого типа порядка 20 видов ошибок и соответственно 20 сообщений, создается иллюзия полноценного диалога ученика и преподавателя. Типы проверки и сообщения могут быть адаптированы с учетом различного уровня подготовки обучающегося или психологического состояния (рис 3).

Выделим полный квадрат: $x^2 - 2x = \boxed{x^2 - 2x - 1} - 1 = (x - \boxed{})^2 - 1$.

Проверь знаки

Выделим полный квадрат: $x^2 - 2x = \boxed{x^2 - 2x - 1} - 1 = (x - \boxed{})^2 - 1$.

Проверьте знаки

Рис. 3. Адаптированные сообщения

Интересно отметить, что при апробации данной системы реакция школьников на выдаваемые компьютером сообщения содержала глагол "говорит", относящийся к программе: "она *говорит*, что надо уточнить числовой коэффициент" и т.п. Учитывая, что система не содержит голосовых сообщений, можно предположить данный глагол выбран из-за наличия искусственного интеллекта в системе. Осмысленный разговор - прерогатива существ, обладающих интеллектом и процесс мало формализуемый. Для встречающихся здесь же тестовых заданий школьники употребляли более формализуемые слова: "пишет", "выдает сообщение".

Возможность динамического изменения базы сообщений позволяет преподавателю более гибко использовать обучающую систему: учитывать уровень подготовки класса, вести компьютерный диалог с обучаемым с учетом не только языка (русский, английский и т.п.), но и с учетом принятой в классе стилистики. Например, обращение к ученику на "ты" или на "Вы" должно сохраняться и в сообщениях программы об ошибках: "уточни числовой коэффициент", "уточните числовой коэффициент".

Дальнейшим развитием реализованной проверки можно считать систему с динамическим пополнением каталога ошибок. Так преподаватель может дополнить базу знаний (каталог оши-

бок) характерными ошибками, формализуя часто встречающиеся ошибки в виде описанных выше продукций. В тригонометрии ученики могут не обращать внимания на знак аргумента \sin и вводить в ответе $\sin(-x)$ вместо $\sin(x)$. Под переменной x здесь подразумевается любое дерево-выражение, подобно переменной e в РЕФАЛЕ, обозначающей любое объектное выражение. Учитель заносит эту ошибку как продукцию $\sin(-x) \Rightarrow \sin(x)$, присваивает этой ошибке уровень по пятибалльной градации (+, +., +-, -, +, -) и соответствующее сообщение (например, "Синус нечетная функция. Проверьте знак аргумента").

ВЫВОДЫ

Таким образом, в статье представлена интерактивная компонента, реализованная как ЭС с продукционным представлением знаний, что сильно отличает ее от существующих обучающих программ. Данная проверка знаний позволяет осуществлять интеллектуальный и более адаптивный контроль обучаемого. Также появляется возможность динамического изменения базы знаний и диалога программы с преподавателем. Следующим этапом использования разработанной компоненты является использование ее в интерактивных универсальных решателях с динамической базой знаний.

На сегодняшний день только при взаимодействии эксперта и компьютера можно ожидать положительных результатов от систем ИИ. Соответственно и электронные учебники, реализованные с применением искусственного интеллекта, должны быть ориентированы на диалог не только с конечным пользователем (учеником), но и на диалог с экспертом (преподавателем). При создании обучающих систем с использованием описываемой модели проверки формул помимо методов искусственного интеллекта, использующихся в проверке, были задействованы методы компьютерной алгебры и опыт преподавателей как экспертов[8]. Данный подход позволил избежать отмеченных выше минусов других обучающих систем.

В обзоре математических обучающих программ, Компьютерра (№4, 2002) отмечает что "более разумно построенным справочником-репетитором для абитуриентов можно считать продукт «Математика абитуриенту» "[5] - одна из программ, где использовалась предлагаемая продукционная модель проверки формул.

Литература.

1. Организация вводно-мотивационного этапа деятельности в компьютерной обучающей системе Г.А. Атанов, *Educational Technology & Society* №3, 2000
2. Информационные технологии в науке и образовании: Международная науч.-практ. конф.: Сборник материалов. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2001
3. Зайнутдинова Л.Х. Психолого-педагогические требования к электронным учебникам (на примере общетехнических дисциплин).— Астрахань: АГТУ, 1999.
4. Дубровский В.Н. Учебник пользователя комплекса "1С: Репетитор. Математика". - АОЗТ "1С", 2002.
5. Компактные учителя, Сайтанов И., Шемякина О., *Компьютерра* №4, 2002
6. Математика абитуриенту. Учебное пособие // Станченко С.В., Зайцев В.Е, Левинская М. А. и др. –М.: Интерактивная Линия, Новый диск, 2001.(+CD ROM)
7. Алгебра. Электронный учебник-справочник. // Станченко С. В., Зайцев В. Е. и др. –М.: Кудиц, Кордис&Медиа, 2000 (+CD ROM)
8. Савельев А.Я. Автоматизированные обучающие системы, М: 1980
9. "Алгебра и начала анализа. Сборник задач для подготовки и проведения итоговой аттестации за курс средней школы" под ред. Шестакова С.А. МИОО, МЦНМО, "Интерактивная линия" - 2002