

УДК 004.891.2;004.942;007.51;37.02;37.04

**М. М. Каримов\***, д-р техн. наук, професор,

**Ю. О. Фургат\*\***, аспірант,

**С. М. Сагатова\***, студент

\*Ташкентский государственный технический университет,  
г. Ташкент, Узбекистан,

\*\*Институт проблем моделирования в энергетике  
им. Г. Е. Пухова НАН Украины, г. Киев

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ УЧАЩЕГОСЯ В СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕСТОВ**

В современных системах обучения контроль знаний учащегося осуществляется с использованием различных типов моделей учащегося. В статье описаны различные типы таких моделей. Рассматривается понятие дистрактора и использование дистракторов в процессе обучения, возможность организации процесса обучения в виде набора тестовых заданий, процесс перехода от модели диалогового общения «учащийся-тьютор» к работе учащегося с тестами и контролю знаний с использованием машинного тьютора.

**Ключевые слова:** *модель учащегося, дистрактор, машинный тьютор, эротематический диалог.*

**Введение.** В [1] было предложено проводить классификацию модели учащегося (МУ) в соответствии с природой и формой информации, содержащейся в МУ, а также способа ее интерпретации. По такой классификации выделяют три в общем случае независимых направления — три критерия классификации МУ по природе, форме и способу интерпретации информации, содержащейся в МУ.

Основным критерием классификации МУ является природа отражаемой в МУ информации. С этой точки зрения все МУ могут быть разделены на две большие группы — модели знаний по изучаемому курсу и модели индивидуальных, предметно-зависимых характеристик. Эти две группы существенно различаются как по форме представления модели, так и по способам ее построения и использования.

До недавнего времени считалось, что модель учащегося является моделью текущего состояния знаний и умений отдельного учащегося [2]. Моделям индивидуальных характеристик уделялось недостаточное внимание, и это направление менее исследовано. Количество работ по вопросам моделирования характеристик пользователя недостаточна, и поэтому исчерпывающая классификация этих моделей пока не сложилась [3].

Модель знаний учащегося (МЗУ) является отражением состояния и уровня его знаний по курсу (что и насколько хорошо знает ученик). Простейшей формой МЗУ является скалярная модель, которая оценивает уровень знаний учащегося-пользователя обучающей системы по некоторой интегральной оценке, например числом от одного до пяти или до двенадцати.

В отличие от скалярной, оверлейная модель, представленная в [1], позволяет отразить, что именно знает и чего не знает учащийся. Оверлейная модель предполагает, что все знания по курсу обучения разбиты на некоторые независимые порции, элементы. Простейшая оверлейная модель сопоставляет с каждым элементом булеву оценку: 1 или 0 в соответствии с тем, знает или не знает этот элемент учащийся. Здесь знания учащегося в каждый момент времени представляются как подмножество знаний эксперта. Именно поэтому эту форму модели называют оверлейной или покрывающей моделью. Усложненная форма оверлейной модели позволяет дополнительно отразить, насколько хорошо учащийся знает эти элементы. Для этого каждому элементу знаний ставится в соответствие некоторая степень знания. Это может быть как скалярная мера (целочисленная или вероятностная), так и векторная оценка.

Для работы с ошибками учащихся, которые нельзя представить в рамках оверлейной модели, применяются так называемые модели ошибок (buggy models) [1], которые позволяют определить и отразить причины неправильного поведения учащихся. Наиболее полно исследованным видом моделей ошибок являются модели пертурбаций (perturbation models). Модели пертурбаций предполагают, что для каждого элемента экспертных знаний существует один или несколько ошибочных элементов — его пертурбаций. Неправильное поведение учащегося может быть вызвано, с точки зрения такого подхода, систематическим использованием вместо правильного элемента знаний одной из его пертурбаций.

Как оверлейная МУ, так и модели ошибок моделируют текущее состояние знаний ученика, отталкиваясь от структуры знаний эксперта. Оверлейные МУ трактуют знания учащегося как взвешенное подмножество знаний эксперта, а модели ошибок позволяют отображать отклонения от экспертных знаний. Однако в процессе обучения знания учащегося могут проходить несколько уровней, на каждом из которых они могут быть правильными и быть упрощением или частным случаем (но не фрагментами) экспертных знаний.

Представляет интерес форма модели, которая позволяет отразить процесс развития (генезиса) знаний учащегося от простого к сложному, от частного к общему. В качестве основы МУ в [2] был предложен

генетический граф — сложная сеть, узлами которой являются элементы процедурных знаний (правила продукции), а связи задаются отношениями между ними. Генетический граф можно рассматривать как развитие чисто оверлейной МУ и модели ошибок. Такая форма МУ позволяет точнее отразить состояние знаний учащегося.

Таким образом, с точки зрения природы отражаемых в МУ знаний, можно выделить:

- генетические модели (отображение возможного генезиса знаний учащегося);
- модели ошибок (отображение возможных ошибок);
- оверлейные МУ (отображение возможного состояния знаний).

С точки зрения способа интерпретации, модели учащегося можно разделить на исполняемые и неисполняемые. Модель учащегося считается исполняемой, если ее текущее состояние может быть использовано некоторым интерпретатором для имитации поведения моделируемого учащегося в процессе решения им учебных задач.

С точки зрения природы отображаемых знаний исполняемые модели следует называть процедурными [4]. Любая модель, отражающая процедурные знания учащегося, может быть преобразована в исполняемую при наличии соответствующего интерпретатора. Популярной формой исполняемых моделей являются сугубо процедурные модели, элементами знаний которых являются правила вывода. В этом случае в качестве интерпретатора используется классическая машина вывода, входящая в состав модуля-эксперта. Следует отметить, что «исполняемость» является независимым измерением классификации МУ: модели могут быть и чисто оверлейными, и моделями ошибок, и генетическими моделями.

С точки зрения содержания, элементы знаний о предметной области (ПрО) обучения, которые создают изначальную МУ, могут представлять знания эксперта и новичка, быть правильными и ошибочными, иметь процедурный и непроцедурный характер. С точки зрения структуры и формы МУ, в целом эти элементы могут быть независимыми друг от друга (вектор элементов), и могут быть связаны друг с другом отношениями разного рода. Изначальная модель, в которой в явном виде заданы отношения между ее элементами, является сетью (узлы — элементы знаний, дуги — отношения), структура которой отражает структуру знаний ПрО. Такие модели называются структурно-сетевыми [3]. «Структурная — неструктурная» также является независимым критерием классификации МУ. Структурные модели могут быть оверлейными и генетическими, исполняемыми и неисполняемыми. Одной из развитых структурно-сетевых моделей является упоминавшийся выше генетический граф — исполняемая МУ.

Будем рассматривать составляющие модели слушателя в пределах обучения с помощью электронного тьютора по его возможности учиться, учитывая и приобретенные знания как когнитивный уровень слушателя. Когнитивные стили и постоянные характеристики и предпочтения формы подачи учебной информации рассмотрены в [1]. Переменной составляющей когнитивного уровня слушателя является текущий уровень знаний. Для решения вопроса о построении тестов рассмотрим:

- представление знаний учебного предмета;
- сущность тестов и какие знания можно проверить тестами.

**Моделирование тьютора в автоматизированных системах обучения (АСО). Тесты и знания.** К модели тьютора следует отнести традиционные компоненты для управления обучением в АСО, а именно «Блок оценки» и «Содержание учебных предметов». Кроме того, к составляющим архитектуры тьютора следует отнести подсистему управления интерфейсом «учащийся-тьютор».

Для того чтобы определить, какие именно знания нужны тьютору для построения тестовых предложений, рассмотрим, какие средства используются для представления контента обучения.

Тестирование знаний слушателя в большинстве литературных источников и исследований рассматривается как отдельная проблема, связанная с созданием тестовых последовательностей для некоторого фрагмента учебного предмета. Такая традиция сложилась во многом благодаря тому, что тесты успешности обучения происходят от тестов, которые разрабатывались психологами для нужд психодиагностики. В работах таких авторитетов, как Аванесов В. С., [5], Михайличев Е. А. [6] прослеживается аналогия с методологией построения тестовых заданий, приведенных в [7]. В действительности методология построения педагогических и психологических тестов должна строиться на разных принципах, потому что цели в одном и в другом случаях отличаются, а именно:

- педагогический тест выявляет качество созданного в памяти слушателя «информационного фантома» [8] действительности (декларативная составляющая обучения) или набора умений (процедурная или операционная составляющая);
- психологическое тестирование выявляет «инструментарий», которым располагает индивид и который определяет его поведение с точки зрения не предметных, а общих способностей; например, когнитивное поведение, то есть выполнение операций восприятия и информационной обработки.

В работе Дж. Равена [9], посвященной психологическому тестированию, критикуется практика «тестирования чего-либо» и развива-

ется подход относительно определения компетентности того, кто тестируется. Эта компетентность касается общих способностей индивида и состоит из таких компонентов, как отношение к профессиональному росту, социальных потребностей и др. Можно применить этот же подход для определения тех знаний и умений, которые должны подлежать контролю в высшем образовании.

**Контроль знаний.** В педагогике контроль знаний проводится в начале и в конце периода обучения, а также в другие сроки, установленные регламентом образовательного процесса. Обучение с применением машинного тьютора позволяет оперативно контролировать знания, теоретически — в любой момент времени. Этот момент определяется не организационными, а когнитивными условиями. Одним из средств контроля состояния знаний является тестирование. Для компьютерного тестирования необходима электронная версия тестовых наборов, программные средства для ведения диалога «тьютор-студент», а также средства для поддержки и ведения тестовых наборов, т.е. базы данных тестов. Как правило, компьютерные средства АСО имеют развитый сервис для ввода и редактирования текстовой формы тестов. Эти тесты создают вручную эксперты, которые ведут соответствующий учебный предмет. С другой стороны, те же эксперты являются авторами руководств и учебников, содержащих декларативно часть знаний, необходимых студентам по данному предмету. В случае, если эксперт (или тьютор) не является автором текстов, содержащих декларативно знания, то он ссылается на соответствующие источники, которые содержат такие знания. Эти же источники используются и для создания тестов проверки усвоения знаний. Как правило, декларативные знания и в классическом, и в дистанционном обучении представлены языковыми средствами, чаще всего — текстами.

Машинный тьютор обязательно содержит знания о предметной области, т.е. те знания, которые являются предметом обучения. Очевидно, что для ответа на вопрос, достигнуты ли цели обучения, необходимо сравнивать состояние знаний студента с описанием предметной области. Это описание одновременно является и базой сравнения, и источником учебных последовательностей.

Поскольку описание предметной области уже есть в распоряжении тьютора, его можно использовать для построения множества тестов. Для генерации тестовых последовательностей, на наш взгляд, необходимо решить следующие задачи:

- выбрать модель стратегии общения «тьютор-студент»;
- выбрать модель обмена элементарными сообщениями [10];
- поддерживать модель знаний студента для того, чтобы определять, какой фрагмент учебного курса уже изучался и подлежит тестированию;

- выбрать для представления знаний о предметную область;
- создать программные модули построения элементов диалоговых сообщений;
- построить механизм контроля ответов, независимый от предметной области.

**Формальная модель общения.** Общение в контексте приобретения информации рассматривается как способ, посредством которого интеллектуальная система влияет на партнера, взаимодействует с ним для получения сведений об универсуме. «Обычный способ получения информации — это, конечно, вопрос» [11].

Психологи считают потребность в информации одной из основных потребностей человека. Эта потребность индивида инициирует его снижать уровень неопределенности информационного состояния. В процессе общения индивид использует механизм восприятия для обработки сообщения партнера. Если поиск информации для удовлетворения потребностей интеллектуальной системы считать «поиском истины», то согласно [12] вопрос, поставленный партнеру для осуществления такого поиска, называется «эротемой». Вопрос является средством общения и чаще всего имеет естественно-языковую форму. Обмен вопросами и ответами порождает последовательность ситуаций «вопрос-ответ», образующих диалог. Диалог можно представить как последовательность шагов, каждый из которых состоит из цикла, образованного двумя взаимосвязанными языковыми актами партнеров. Соответственно диалог, состоящий из эротематических ситуаций, будем считать эротематически диалогом. Для эротематических ситуаций «вопрос-ответ» разработан специальный формальный аппарат «эротематическая логика».

Если тестирование можно в целом реализовать как диалог, а элементарный тест рассматривать как эротематическую ситуацию [13], то можно построить формальную основу для реализации компьютерной методики построения тестовых множеств и контроля ответов. Формальный метод для построения элементарного теста позволил бы применять его для широкого круга проблемных областей. Формальный аппарат и применением логики интеллектуальных интерфейсов рассмотрены в [14].

Тестирование с целью контроля знаний можно описать как ситуацию «вопрос-ответ». Для этого будем считать, что ситуация «вопрос-ответ» отвечает термину «шаг тестирования». Под этим термином мы будем иметь в виду передачу тестовых ответов в форме сообщений слушателю и получение и контроль ответа (только на соответствие интеррогативу). В [13] приведены виды тестов, предложенных Клайном, и соответствующие этим тестам типы вопросов с [12].

**Сравнение классов вопросов и типов тестов.** Проведен сравнительный анализ типов тестов, с одной стороны, и видов вопросов, которые рассматриваются для классификации в пределах эротематичного подхода к моделированию диалога. Из табл. 1 видно, что для описания тестов можно применить эротематичную логику, которая является формальным аппаратом для построения правильных вопросов, которые гарантируют правильные ответы.

Таблица 1

*Соответствие типов вопросов и видов тестов*

№	Вид тестового задания (по Клайну)	Эквивалентный тип вопроса	Форма представления субъекта	Требования предпосылки вопроса
1	Задача с несколькими вариантами выбора	«Какой» — вопрос	Эксплицитно список альтернатив, имеет не более чем 5 элементов	Спецификация выбора количества альтернатив требует выбрать не более одной альтернативы
2	Альтернативные задачи	«Ли» — вопрос	Две альтернативы: «да и нет»	то же
3	Вопрос с фактом	Сводится к «какой» — вопросу	Неявный умалчиваемый список альтернатив	«—»
4	Вопрос с шаблоном ответа	Сводится к «какой» — вопросу	Неявный умалчиваемый список альтернатив	Не более одной альтернативы с заданным количеством символов ответа
5	Вопрос с набором ключевых слов (изображений, обозначений), из которых можно конструировать ответ	Может представлять что-, где-, когда — вопросы, сводятся к «какой» — вопросу	Эксплицитно список альтернатив	Не более одной альтернативы
6	Закрытая форма вопроса	То же	Эксплицитно список альтернатив	Не более одной альтернативы, ответ вводится как символ, обозначающий альтернативу (номер, значок)
7	Задание на соответствие	Сводится к конъюнкции «или» — вопросов и их субъектов	Эксплицитно список альтернатив	Не более одной альтернативы

## Продолжение таблицы 1

8	конструирование ответы	Сводится к «или» — вопросу, приведенному в п.7		
9	Задание на демонстрацию с движущимися	Приводится к «или» — вопросу	Субъект представлен временными или пространственными шкалами	Не более одной альтернативы в выборе

Однако существует отличие вопросов от тестовых заданий. Вопрос имеет в своем составе (для того, кто будет отвечать на вопросы) всю информацию, которая уже известна тем, кто этот вопрос задает. Цель вопроса — получить отсутствующее знание. Цель тестового задания другая: тьютор также стремится получить отсутствующее знание, которое имеет более конкретный характер. А именно: знания, которые нужны тьютору — это знания о состоянии знаний слушателя. Для этого тьютор в перечень альтернатив для ответа вводит ложную альтернативу, которая получила название «дистрактор». С позиций эротематической логики, все альтернативы, которые содержатся в субъекте вопроса, предназначены для конструирования ответа и могут быть переданы партнеру, который задавал вопрос, для выбора, т.е. конструирование ответа. Заметим, что дистрактор может рассматриваться как пертурбация модели знаний ученика.

Тьютор-автор тестов должен также учитывать:

- все дистракторы к каждому заданию должны быть одинаково привлекательными для студентов, которые не знают правильного ответа;
- ни один из дистракторов не должен быть частично правильным ответом (или становиться при некоторых условиях правильным ответом);
- количество дистракторов редко бывает больше пяти, хотя при необходимости может достигать шести-семи;
- дистрактор, который не был выбран как правильный ответ, обычно называют «неработающим». Если в задании есть хотя бы один неработающий дистрактор, то для улучшения задания его необходимо удалить;
- задания с двумя ответами, один из которых дистрактор, обычно используют для экспресс-диагностики или для самоконтроля, когда студенту нужно оперативно выявить пробелы в собственных знаниях по ряду разделов курса.

Проще всего подбирать дистракторы в задачах с двумя ответами посредством отрицания того, что является истинным. Довольно



трудно сформулировать утверждения, на которые можно дать недвусмысленно ответ типа «да» или «нет». Как правило, количество дистракторов задания пытаются увеличить, но только до разумных пределов. Подобрать к заданию более чем четыре или пять правдоподобных дистракторов обычно довольно трудно. Задача с шестью и более ответам, за редким исключением, становятся излишне громоздкими. Поэтому в большинстве тестов встречаются задачи с четырьмя-пятью вариантами для ответа.

С позиций эротематической логики, если отвечающий выполнил требования предпосылки, то ответ является истинным. Для определения правильности ответа на задания теста по выбору дистрактора как составной ответа, следует дополнить логику вопросов и ответов. В работе [12] предлагается несколько типов эротематических вопросов, рассматривается логика построения вопросов и ответов на них.

**Моделирование диалогового взаимодействия «тьютор-студент».** Как известно из классической теории приема-передачи информации [15], процесс передачи связывает источник, канал передачи и приемник информации. Однако в случае, когда обмен сообщениями осуществляют субъекты, которые имеют знания, их поведение необходимо описать как на уровне физических сигналов, так и на знаковом уровне. Этот знаковый уровень касается языковой коммуникации, которая как раз и имеет место при обучении человека. Для описания информационных процессов восприятия человека используется конструкция, известная в когнитивной психологии как «перцептивный цикл Нейсера».

Проблемы общения и взаимодействия присутствуют во всех перечисленных процедурах, имеющих отношение к процессам принятия решения и передачи информации в ходе обучения. Общение можно рассматривать как **взаимодействие двух агентов**, которые имеют интеллектуальные свойства, такие, как память и способность делать умозаключение из знаний, которые хранятся в этой памяти. Если рассматривать общение с точки зрения одного агента, то другим агентом может быть среда, в которой действует этот агент. Во всех случаях нужна модель общения, которая необходима для построения гибридных интеллектуальных (программных) систем, т.е. таких, которые их создают люди и средства ЭВМ.

В контексте общения партнеров, которые имеют интеллект, рассмотрим сначала, каким образом воспринимается человеком информация, которая поступает из внешней среды, в частности какие модели этого восприятия предлагают специалисты из когнитивных процессов и как эти модели могут быть использованы в интеллектуальных компьютерных системах.

При разработке формальной модели диалогового процесса важным является адекватность модели психологии диалога или ее адекватность теории процесса восприятия и переработки информации человеком. В том случае, когда в основу формальной модели диалога возложены удачные психологические модели, можно ожидать, что программные диалоговые агенты естественным образом унаследуют гибкость и универсальность системы восприятия и переработки информации человеком.

Среди множества моделей, предлагаемых когнитивной психологией и имеющих отношение к диалогу, следует остановиться на моделях, описывающих диалог на уровне инвариантного процесса синтеза сообщений, поскольку этот процесс зависит от характера задачи, решаемой в диалоге. Поэтому психология диалога, чтобы быть полезной в прикладном аспекте, должна обеспечивать симуляцию некой «машины общения» на уровне, инвариантной относительно предметной области.

Выше предложено рассматривать информационное взаимодействие как деятельность двух интеллектуальных агентов, которых в дальнейшем будем считать «партнерами» диалога, цель которого является общей для обоих партнеров, т.е. такая цель является попыткой получить информацию от одного партнера для ассимиляции этой информации в систему знаний другого.

**Выводы.** Рассмотрены модели информационных процессов обучения и модели учащегося. Показано, что модель пертурбаций (ошибка) слушателя предоставляет возможности для конструирования элементов тестового задания. Продемонстрировано соответствие основных типов тестовых заданий элементам диалогового взаимодействия «тьютор-учащийся». Показана возможность и рассмотрены основные принципы организации процесса обучения в на основе наборов тестов и контроля знаний учащегося с использованием его модели.

#### Список использованной литературы:

1. Us M. Student cognitive level estimating methods for an intelligent teaching system / M. Us, A. Piskun, Z. Gadecka // The Third International Conference Computer Systems and Networks. College of Computer Science and Management. — Rzeszow, 1999.
2. Ус М. Ф. Модель представления знаний для тестирования обучаемого / М. Ф. Ус, З. М. Гадецкая // Системний аналіз, управління і інформаційні технології. Вісник Харків. держ. політехн. ун-ту : зб. наук. праць. — Харків : ХДПУ, 2000. — Вип. 94. — С. 82–86.
3. Основы новых информационных технологий навчання / за ред. Ю. І. Машбиця. — К. : ІЗМН, 1997. — 264 с.

4. Anderson J. R. АСТ: A simple theory of complex cognition / J. R. Anderson // American Psychologist. — 1996. — Vol. 51. — P. 355–365.
5. Аванесов В. С. Тесты в социологическом исследовании / В. С. Аванесов. — М. : Наука, 1982. — 197 с.
6. Михайлычев Е. А. Дидактическая тестология : научно-методическое пособие / Е. А. Михайлычев. — М. : Народное образование, 2001. — 431 с.
7. Анастаси А. Психологическое тестирование / А. Анастаси. — М., 1983. — 245 с.
8. Заличев Н. Н. Энтропия информации и сущность жизни / Н. Н. Заличев. — М. : Радиоэлектроника, 1995. — 192 с.
9. Равен Дж. Педагогическое тестирование: проблемы, заблуждения, перспективы / Дж. Равен. — М. : Когито Центр, 2001. — 142 с.
10. Биков В. В. Моделі і програмні засоби представлення та структурування знань в інтерактивних гіпермедіасистемах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.02 / В. В. Биков. — К., 1997. — 20 с.
11. Ниренберг Дж. И. Гений переговоров / Дж. И. Ниренберг ; пер. с англ. — Мн. : Попурри, 1997. — 416 с.
12. Белнап Н. Логика вопросов и ответов / Н. Белнап, Т. Стил. — М. : Прогресс, 1981. — 288 с.
13. Клайн П. Справочное руководство по построению тестов; Введение в психометрическое проектирование / П. Клайн. — К. : Пан Лтд, 1994. — 284 с.
14. Ус М. Ф. Применение вопрос — ответной логики для создания интеллектуального интерфейса объектно-ориентированными средствами / М. Ф. Ус, А. В. Пискун // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. — Львів : Світ, 1998. — Вип. 3. — С. 99-102.
15. Ус М. Ф. Теорія інформації: Конспект лекцій / М. Ф. Ус. — Черкаси : РВВ ЧІУ, 2000. — 61 с.

In modern teaching systems, the student's knowledge control is carried out using different types of student models. This article describes the various types of models. The concept of the distractor and the use of distractors in the learning process, the possibility of organizing the learning process as a set of tests, the transition from a dialog communication model «student-tutor» to a student working with tests and using machine tutor for knowledge control.

**Key words:** *student model, distractor, machine tutor, erotematic dialog.*

Отримано: 25.11.2013