

ны. На первом этапе формируются три канала с характеристиками:

$$\begin{aligned} H_1 &= C_{11}G_1 - C_{12}G_2 + C_{13}G_3, \\ H_2 &= C_{21}G_1 + C_{22}G_2 - C_{23}G_3, \\ H_3 &= C_{31}G_1 + C_{32}G_2 + C_{33}G_3, \end{aligned}$$

где  $H_1, H_2, H_3$  – нейроны, образующие ортогональный базис,  $C_{ij}$  – коэффициенты связи рецепторов с нейронами, знак и величина которых определяется ортогональностью  $H_1, H_2, H_3$ :

$$(H_1, H_2) = 0, (H_2, H_3) = 0, (H_1, H_3) = 0.$$

На этом уровне стимул кодируется трехкомпонентным вектором, длина которого зависит от интенсивности стимула. На следующем этапе к трем нейронам добавляется четвертый, фоновый-активный нейрон, так что сумма возбуждений всех четырех нейронов равна единице (в сити-блок метрике):

$$\begin{aligned} X_1 &= H_1, \\ X_2 &= H_2, \\ X_3 &= H_3 - |X_1| - |X_2|, \\ X_4 &= 1 - |X_3| - |X_1| - |X_2|. \end{aligned}$$

Переход к евклидовой метрике, где  $X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 = R^2$ , достигается за счет нейрональной адаптации, в результате чего возникает гиперсфера в четырехмерном евклидовом пространстве.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Грант №99-06-80061.

### Список литературы

- [1] Фомин С.В., Соколов Е.Н., Вайткявичус Г.Г. Искусственные органы чувств. М.: Наука, 1979.
- [2] Соколов Е.Н., Вайткявичус Г.Г. Нейроинтеллект. М.: Наука, 1989.

## Об интеллектуализации интерфейса обучающих программ

А.С. Строгалов, Е.В. Тимофеев

В статье обсуждаются возможности повышения качества работы компьютерных обучающих программ. Рассматривается проблема учета времени в таких системах, а также вопросы интеграции мимической системы в обучающие программы как элемента интеллектуального интерфейса.

### 1. Компьютерные технологии в обучении

Автоматизация процесса обучения с использованием компьютеров прошла в своем развитии несколько этапов, каждый из которых был связан как с очередным периодом развития элементной базы компьютеров (особенно с удешевлением элементов различных видов памяти и повышением скорости работы), так и со следующим за этим процессом расширением возможностей программирования на компьютерах очередного поколения. С широким внедрением в жизнь современного общества мощных и сравнительно недорогих персональных компьютеров автоматизация процесса обучения обрела принципиально новые возможности для создания и распространения обучающих систем. Одна из распространенных моделей автоматизации процесса обучения (в период до создания мощных персональных компьютеров) состояла в организации процесса обмена информацией (как правило текстовой) между обучаемым и информационной системой: со стороны последней следовали порции учебной информации, формулировки, задачи и вопросы (выбираемые в определенном порядке или случайным образом из заданного автором

курса набора), предъявлялись оценки ответов обучаемого, а также комментарии, рекомендации и справки; со стороны обучаемого вводились ответы на задаваемые вопросы, а также запросы на получение дополнительной информации и т.д.

Для повышения эффективности процесса обучения в автоматизированную обучающую систему закладывались определенные (и, надо заметить, достаточно жесткие) стратегии обучения, позволяющие системе выбирать последовательность предъявления учебных материалов и тестов (что собственно и было часто основным содержанием стратегий) в соответствии с успехами обучаемого, а также, возможно, и его персональными особенностями. Сегодня реализация обмена текстовой информацией между обучаемым и обучающей системой не представляет никаких трудностей. Актуальные направления развития компьютерных обучающих систем – это создание интерактивных интеллектуальных программ, управляющих учебным процессом в зависимости от успехов ученика и разработка новых диалоговых средств, основанных на работе с мультимедийной информацией.

Это направление представляют экспертные обучающие системы, предназначенные для управления последовательностью событий в учебном процессе, в том числе сменой стратегий обучения. Экспертная система фактически берет на себя отдельные функции учителя, ведущего ученика через учебный курс. Для создания такой системы в нее необходимо ввести формализованное представление о конкретном обучаемом – эти сведения, представленные в модели обучаемого, должны использоваться при выборе экспертной системой стратегии обучения (последние определяют планы действий системы при обработке разделов учебного курса, при переходах от раздела к разделу и т.д.) [1]–[4].

Если экспертная система моделирует логику действий учителя по организации учебного процесса, то различные диалоговые средства представления информации обучающей системой ученику призваны смоделировать коммуникативные действия учителя. Здесь можно (и нужно) широко использовать богатые возможности современных компьютеров по представлению мультимедиа информации – это мо-

жет быть графика с анимацией, аудио-, видеоэффекты и т.д. Именно здесь проблематика автоматизации обучения и создания интеллектуального человеко-машинного интерфейса имеют общие точки соприкосновения. В обучающих системах особо следует уделять повышенное внимание решению задачи моделирования не только логики, но и образа преподавателя, доступного обучаемому посредством привычных для него визуальных и слуховых стимулов. Одним из перспективных направлений в плане создания новых диалоговых средств и создания образа учителя является моделирование мимической сигнализации человека как эффективного средства передачи информации от обучающей системы к обучаемому.

## 2. Проблема выбора стратегий обучения

Интеллектуальность обучающей системы (экспертной системы) может быть связана в первую очередь с ее способностью выбирать стратегии обучения в соответствии с успеваемостью ученика и особенностями прохождения им учебного материала. Примером последних является, например, время прохождения тестов и количество ошибок, совершенных учеником за этот отрезок времени. Общая оценка успеваемости зависит от этих параметров и эталонного времени, с которым связана экспертная оценка способности обучаемого к усвоению в первую очередь текстовой информации. Собственно же смена стратегии будет заключаться в изменении последовательности предъявления тестов, отдельных вопросов из тестов (тесты могут быть разными для разных стратегий), которые соответствуют различным целям и подцелям процесса обучения, темпа обучения, а также возврату ученика на неправильно пройденные фрагменты теста в зависимости от темпа обучения и убывания или возрастания функции, описывающей ошибки ученика. Общую схему организации (структурирования) и прохождения учебного материала можно изобразить схемой, показанной на рисунке 1.

Кроме того, возможны такие действия, как повтор однотипных упражнений в случае ошибок локального характера, возврат к ранее

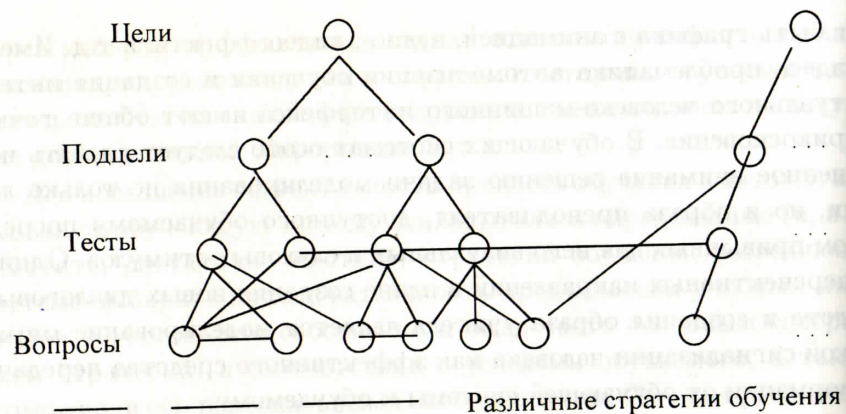


Рис. 1.

пройденному материалу в случае большого количества разнородных ошибок или изменения качества ошибок (количество повторов и возвратов – параметры обучающей программы), изменение эталонного времени при больших расхождениях между ним и реальными показателями, а также варьирование времени, отведенного на контрольные задания.

Учет времени прохождения тестов и ответов на отдельные вопросы помогает понять, случайной ли была допущенная ошибка, какие фрагменты учебного материала обучаемый усвоил недостаточно хорошо, например, из-за слишком быстрых (по сравнению с его экспертным временем) ответов. Быстрое и успешное прохождение тестов может оцениваться наиболее высоко, и, наконец, при контрольных заданиях время прохождения может быть также учтено в итоговой оценке наравне с правильностью ответов.

В качестве дополнительных параметров для выбора стратегий обучения (вернее, оснований для ее изменения) можно предложить частоту обращений к справочным материалам, оценку способностей обучаемого (на основе ранее пройденных этапов (предыстории) обучения), а также некоторые глобальные параметры типа возраста, уровня образования, IQ и т.д.

### 3. Новые интерфейсные средства – мимическая сигнализация в обучающих системах

Сегодня перед разработчиками специализированных программных сред, особенно обучающих систем, встает задача использования мультязычных интерфейсов, необходимых для создания психологической атмосферы проведения полноценного коммуникативного акта. Наиболее важной компонентой невербального общения следует считать язык мимики. Создание искусственных мимических систем, интегрируемых в программные среды, позволяет дополнить вербальный диалог дополнительными стимулами – мимическими экспрессиями [5]–[6].

Мимическая визуализация значений ситуаций, возникающих в процессе обучения, необходима в компьютерной обучающей системе в первую очередь для создания образа учителя – образа, воспринимаемого в первую очередь визуально. Смысл расширения пакета визуальных стимулов, традиционно состоящего лишь из текстовых сообщений и, возможно, статических картинок, состоит в уменьшении монотонности процесса обучения и снятия связанных с этим притупления внимания и общего утомления. Кроме того, для лучшего усвоения учебной информации необходимо моделировать естественный коммуникативный процесс, включающий в себя невербальные средства общения – информация, полученная в ходе такой коммуникации, воспринимается как более достоверная, человек склонен поверить и принять ее и значительно быстрее ее усвоить.

В процессе диалога в обучающей системе «учитель» (экспертная система) имеет свои цели и использует модель коммуникативного акта для их достижения. Главная цель – донести до обучаемого нужную информацию и обеспечить ее наиболее полное и быстрое восприятие. Невербальные же сигналы позволяют привлечь и акцентировать внимание обучаемого на отдельных фрагментах учебного материала, с их помощью он может адекватно оценить свои знания на данный момент в соответствии с реакцией системы на результаты тестирования и т.д. Наконец, наличие на экране персонализированного участника диалога – преподавателя – возможно помо-

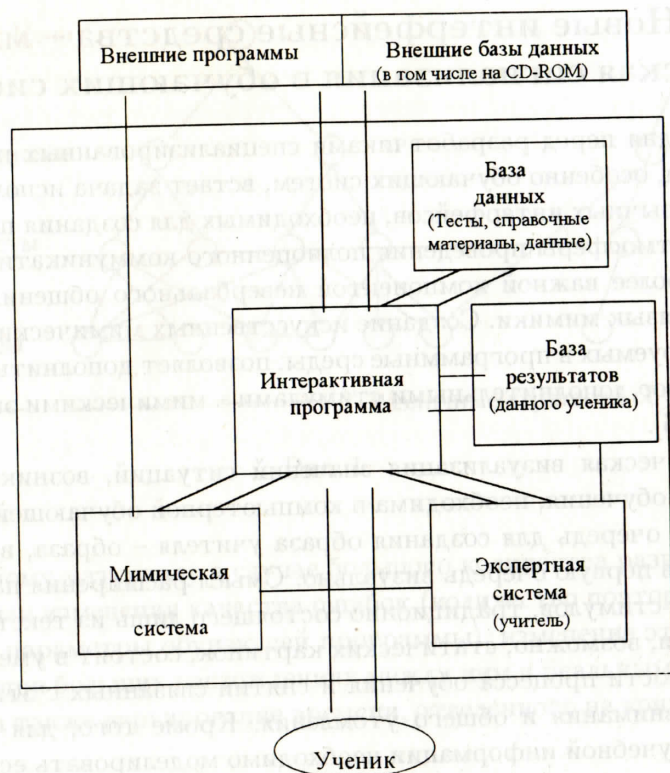


Рис. 2.

жет обучаемому более ответственно отнестись к процессу обучения. Обучаемый со своей точки зрения имеет дело уже не с индифферентной ко всему происходящему программой, а с определенным и как бы одушевленным персонажем, отношение к которому может также быть сродни отношению к реальному человеку. Таким образом, возможно частичное или полное (в зависимости от качества моделирования) исчезновение ощущения того, что усилия обучаемого не нужны никому, кроме него, и их никто не оценит. Чем полнее будет проработан визуализируемый образ учителя, тем более правдоподобным он будет, и, соответственно, более эффективным станет

процесс обучения.

Использование интеллектуальной мимической системы [6] в обучающей программе, позволяющей обучаемому самому вводить фотографию лица, которое будет определяться как лицо учителя, дает возможность выбрать персонаж, которому обучаемый будет симпатизировать, доверять, и чье участие в процессе обучения будет вызывать у него положительные эмоции. Это будет способствовать лучшей успеваемости ученика и стимулом к продолжению обучения. Кроме того, возможность варьировать лица сделает работу с программой менее однообразной в плане визуальных стимулов, что, как уже говорилось, положительно влияет на процесс обучения.

На рисунке 2 приведена общая схема компьютерной обучающей системы, в которой указано место интеллектуальной мимической системы.

#### 4. Проблематика программной реализации мимической компоненты обучающей системы

До настоящего времени не разработана единая методология создания мимических систем для использования ее совместно с прикладными программами. В каждом конкретном случае задача решается фактически с нуля: привлекается художник, рисующий набор портретов, а программист реализует алгоритм их вывода на экран в нужное время. Такая работа неэффективна в плане временных и материальных затрат, в частности, по этой причине мимические системы не используются активно в современных программных оболочках. Таким образом, было бы чрезвычайно полезно разработать, во-первых, общие принципы моделирования мимической интерфейсной компоненты, во-вторых, создать мимическую систему, способную работать с произвольными фотопортретами (интеллектуальную мимическую систему), что позволило бы сократить расходы на оплату услуг художника или вовсе обойтись без них, в-третьих, создать программную утилиту, позволяющую внешней программе за-

гружать уже обработанное изображение лица для его последующего преобразования.

Что касается собственно обучающей системы, то при включении в нее мимической системы должен по возможности соблюдаться ряд специфических условий. Например, изображение лица не должно постоянно находиться на экране, по крайней мере должна быть предусмотрена возможность отключения постоянного отображения портрета. Это связано с тем, что постоянное нахождение лица на экране сводит на нет новизну данного стимула в целом и притупляет восприятие его сигналов, и даже через некоторое время может начать вызывать раздражение. Свою негативную роль при этом может оказать явление, которое можно назвать эффектом человека за спиной – когда чье-то лицо постоянно смотрит на обучаемого с экрана, это только помешает ему работать. В связи со сказанным, после вывода той или иной экспрессии на экран, должно происходить снятие картинки, замена ее каким-либо нейтральным изображением; как альтернативный вариант можно, например, предложить закрывать глаза «учителя» (его изображения) на время между значимыми событиями.

Далее по возможности необходимо сохранять правдоподобное изображение лица. Кроме того, что сами эмоциональные экспрессии должны соответствовать естественным трансформациям человеческого лица, должен присутствовать и соответствующий феномену мимики антураж. Во-первых, мигание глаз, то есть если изображение задерживается на экране хотя бы несколько секунд, следует включать мигание, что будет играть на эффект одушевления «учителя». Во-вторых, изменения лицевых объектов должны происходить плавно, резкая смена выражения лица выглядела бы неестественной. В-третьих, для уменьшения монотонности стимулов необходимо проработать систему случайных (в некоторых рамках) изменений лица как реакции на значимое событие, а также и в промежутках между ними.

Предпочтительно разнообразие эмоциональных экспрессий, понимающее и их взаимозаменяемость в некоторых случаях. Логичным видится наличие нескольких шкал, определяющих силу кон-

кретных эмоций и включающих как положительное их проявление, так и отрицательное. Кроме того должны использоваться разные шкалы для оценки ответов обучаемого на отдельные вопросы в тесте и реакции на результаты прохождения группы вопросов – таким образом визуально может достигаться разграничение оценки уровня вопроса и уровня теста, снижаться монотонность стимулов.

Желательно наличие возможности для обучаемого выбирать портрет (один или несколько), который (или которые) в дальнейшем используется в мимической системе, из некоторого предлагаемого ему системой набора. В случае реализации интеллектуальной мимической системы естественна поддержка функции задания пользователем своих фотопортретов, при этом желательно иметь возможность динамически менять отображаемые мимической системой персонажи прямо в ходе сессии обучающей программы. В то же время задача подготовки исходного графического файла к последующему его использованию мимической системой (распознавание лицевых объектов, сохранение задающих их данных) не должна проходить во время процесса обучения – это делает отдельная программа, позволяющая заранее подготовить набор персонажей для мимической системы и произвести служебную разметку компонент изображения (глаза, брови, нос, рот и т.д.).

Мимическая сигнализация не должна быть жестко увязана с отдельными значимыми событиями в учебном процессе. Поскольку ставится целью реализовать в обучающей системе принципы интеллектуального интерфейса, нужно предусмотреть влияние уже произошедших событий на новые экспрессии. В простейшем случае такой подход реализуется по схеме учета внутренней мотивации эмоциональной реакции. Однако желательно учитывать и содержательную сторону предшествовавших событий, чтобы наиболее точно отразить отношение «учителя» к сложившейся на определенный момент процесса обучения ситуации. Для этого нужно заранее подготовить модели возможных ситуаций и разработать механизм оценки близости реальной ситуации и эталонных моделей.

В современные обучающие программы разработчики с большим или меньшим успехом пытаются закладывать функцию учета инди-

видуальных особенностей учеников. Мимическая сигнализация также должна моделироваться с учетом таких возможностей обучающей системы – в этом случае возможно создание нескольких моделей поведения мимической системы – в зависимости от учитываемых параметров обучаемого.

### 5. UniTest – опытная универсальная тестовая оболочка, использующая интеллектуальную мимическую систему

Основываясь на изложенных выше соображениях и принципах моделирования мимических систем, а также на методологии создания интеллектуальных мимических систем, описанной в [5]–[6], была разработана экспериментальная программа UniTest для презентации тестов, реализующая мимическую реакцию на значимые события во время прохождения теста обучаемым с помощью инструментария интеллектуальной мимической системы. Программа является своеобразной оболочкой, в которую могут загружаться не только тесты, но и фотопортреты как основа для мимических трансформаций.

Она состоит из модуля обработки теста, мимической системы и интерфейсных компонент. В число последних входит дерево просмотра/перемещения по структуре теста, контрольные переключатели для выбора варианта(ов) ответа на вопрос в тесте и вспомогательные кнопки управления процессом прохождения теста. Модуль обработки теста осуществляет считывание содержимого теста из текстового файла, загрузку заголовков разделов и вопросов в дерево просмотра структуры теста, вывод отдельных вопросов и вариантов ответов на них в окне просмотра вопроса с порядковой нумерацией вопросов. Мимическая система считывает специальный текстовый файл (профайл), содержащий имя и путь графического файла с фотопортретом, а также численные данные о расположении на картинке изображений лицевых объектов. После этого портрет выводится на экран, а данные по лицевым объектам загружаются в специальные массивы, которые в дальнейшем используются для пря-

мого обращения к пикселям изображения. При выборе обучаемым варианта ответа происходит считывание из специального массива значения веса данного ответа, в соответствии с которым изменяется выражение лица на экране. Используются эмоции радости и печали при соответственно более или менее правильных/неправильных ответах. При запуске системы происходит загрузка файлов с конкретными (дефолтными) именами; в ходе сессии пользователь может загружать новые тесты и фотопортреты для мимической системы.

Текст теста может быть создан в любом текстовом редакторе, поддерживающем формат Windows Text. Разметка разделов теста осуществляется вручную с помощью вложенной численной нумерации или в полуавтоматическом режиме в редакторе Word. Кроме чисел тест содержит дополнительные символы-разделители для обозначения вариантов одного и того же вопроса, ответов, весов и комментариев к ответам.

Для того чтобы иметь возможность загружать в мимическую систему новые фотопортреты, следует воспользоваться специальной утилитой – отдельной программой, в которой происходит распознавание лицевых объектов на фотографии и создание профайла, доступного впоследствии для загрузки в UniTest. Распознавание может быть проведено как по заранее подготовленному файлу-маске (с обрисованными лицевыми объектами), так и динамически с помощью инструмента выделения областей изображения по принципу цветовой близости к некоторому «эталонному» пикселу. При выделенных объектах возможно использование функции автораспознавания этих объектов, на всякий случай предусмотрено и пообъектное распознавание с ручным выделением объектов.

Обе программы, и UniTest, и утилита распознавания, являются 32-битными программами для Windows 9x, реализованы на C++ Builder, аппаратные требования к ним минимальны. Для представления фотопортретов используется формат Windows Bitmap.

В ближайшей перспективе в программе UniTest следует доработать следующие функции: разработать и реализовать модель появления/исчезновения лицевого изображения на экране, основанную на реакциях на значимые события и систему таймеров, задающих время

отображения лица; необходимо расширить набор визуализируемых эмоций и ввести дополнительные события, на которые реагирует мимическая система. Кроме того желательно разработать и реализовать уточненные модели обучаемого для более точного мимического отображения ситуации.

### Список литературы

- [1] Вашик К., Кудрявцев В.Б., Строгалов А.С. Проект IDEA. Dortmund: Link @ Link Software GmbH, 1995.
- [2] Кудрявцев В.Б., Вашик К., Алисейчик П.А., Перетрухин В.В., Строгалов А.С. Компьютерные интеллектуальные системы обучения // Компьютерные аспекты в научных исследованиях и учебном процессе. М.: изд-во МГУ, 1996.
- [3] Кудрявцев В.Б., Вашик К., Алисейчик П.А., Перетрухин В.В., Строгалов А.С. Об автоматном моделировании процесса обучения // Дискретная математика. 1996. Т. 8, Вып. 4.
- [4] Строгалов А.С. Компьютерные обучающие системы: некоторые проблемы их разработок // Вузовская педагогика в информационном обществе. М.: изд-во РГГУ, 1999.
- [5] Тимофеев Е.В. Интеграция языковых средств мимики в интеллектуальный человеко-машинный интерфейс // Интеллектуальные системы. М., 1998. Т. 3. Вып. 3-4.
- [6] Тимофеев Е.В. Трансформация мимики произвольного человеческого лица для задач интеллектуального человеко-машинного интерфейса // Интеллектуальные системы. М., 1999. Т. 4. Вып. 1-2.

## Автологическое моделирование процессов информационного взаимодействия

Ю.П. Шанкин

### 1. Введение

По классификации, предложенной в книге [1], тема данной работы относится к «романтической» голове трехголовой нелинейной науки, так как апеллирует к семантическим аспектам информационного обмена и связана, скорее, с постановкой вопроса о возможности автологического моделирования, нежели с описанием соответствующего аппарата. Отправным пунктом является тот факт, что при решении многих практических задач интерес представляет не столько объект наблюдения, сколько субъект, его представление об объекте и оценка этих представлений. Формирование представления об объекте может опираться, в том числе, и на процессы информационного взаимодействия с носителями ранее приобретенных знаний (обучение, дискуссия, любые формы содержательного информационного обмена), при отсутствии непосредственного контакта собственно с объектом первичного интереса, что является весьма типичной ситуацией для информационного общества.

Как отмечал Шеннон, «семантические аспекты связи не имеют отношения к инженерным проблемам» [2]. В отличие от классического понятия информации (основанного на винеровской комбинации шенноновской статистической информации и больцмановского вероятностного понимания термодинамики) содержательная информация может зависеть от наблюдателя и его интересов.