Моделирование процесса обучения*

В. Б. КУДРЯВЦЕВ
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
e-mail: vbk@lsili.ru

П. А. АЛИСЕЙЧИК
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
e-mail: Pavel.Aliseychik@lsi.com

К. ВАШИК
Рурский университет, Бохум (Германия)

Ж. КНАПП
Люблянский университет (Словения)
e-mail: knapp@lsi.com

А. С. СТРОГАЛОВ
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
e-mail: strogalov@mail.ru

С. Г. ШЕХОВЦОВ
Российский государственный гуманитарный университет

УДК 519.95

Ключевые слова: обучение, модель, автомат, образовательная среда.

Аннотация

Рассматриваются проблемы создания компьютерных обучающих систем и образовательных сред на основе дискретных моделей автоматного типа. Оцениваются перспективы применения компьютерных моделей обучения для повышения качества образования.

Abstract

V. B. Kudryavtsev, P. A. Aliseichik, K. Vashik, J. Knapp, A. S. Strogalov, S. G. Shehovcov, Modeling learning process, Fundamentalnaya i prikladnaya matematika, vol. 15 (2009), no. 5, pp. 111—169.

We consider the problems of creating computer-based learning systems and teaching environments on the basis of discrete models based on automata. We estimate the perspectives of using computer models of learning for improving the quality of education.

*Настоящая работа является расширенным вариантом статьи «Компьютерные системы обучения» (Интеллект. сист. — 2004. — Т. 8, вып. 1-4).

Фундаментальная и прикладная математика, 2009, том 15, № 5, с. 111—169.
© 2009 *Центр новых информационных технологий МГУ, Издательский дом «Открытые системы»*

Введение

Задачи создания эффективных систем обучения (в том числе систем, базирующихся на современной компьютерной технике и компьютерных технологиях), равно как и создание новых форм и способов представления учебного материала, поиска новых педагогических приёмов и средств преподавания встали особенно остро в последнее десятилетие XX века, по-видимому, в связи с началом глубокого общего кризиса национальных образовательных систем. К кризису привёл «информационный бум», о котором давно говорили, но эффект которого стал особенно заметен после появления в массовом количестве персональных компьютеров, электронной почты и сети Интернет, что значительно увеличило объём доступной информации, качество и скорость работы с ней по сравнению с предшествующим периодом, когда основными носителями информации были бумага, кино- и фотоплёнка. Цифровые технологии породили также проблему поиска нужной информации за «разумное» время в громадных базах данных современных информационных систем. Почти невозможно применение цифровых технологий в учебном процессе без предварительных настроек, создания специальных фильтров и систем поиска нужной информации.

Современный образовательный кризис носит глобальный характер, поскольку сейчас нет ни одной развитой страны, которая бы ни пыталась поднять вопрос об изменении системы образования (а в ряде случаев и предпринять определённые действия) с целью повышения её эффективности. Отражением этих мировых тенденций и попыткой выйти из кризиса путём заимствования опыта, главным образом американского и частично западноевропейского, в образовательной сфере является процесс проведения очередных реформ в области образования в настоящее время в России. К сожалению, заимствования носят внешний характер: увеличение времени обучения, реализация тенденции к упрощению ряда учебных материалов, снижение требований к ученикам, к системе подготовки и переподготовки учителей, введение более ранней специализации (естественно-научная, гуманитарные и т. д.) на довузовском уровне, введение систем тестирования и единого государственного экзамена и т. д. Очередные преобразования затрагивают отдельные и часто лишь формальные стороны образовательного процесса, а не суть его. Если оставить в стороне финансовую сторону образования, то в первую очередь хотелось бы обратить внимание на неконструктивный характер реформирования образования. Говорится о благих намерениях, о гуманизации образования и т. д., но не сообщается, как это будет делаться, за счёт чего и, главное, почему вдруг эти цели становятся достижимыми, хотя ещё на слуху у многих печальные итоги реформаторской деятельности в области образования в 1960—1970-х годах? В качестве примера такого рода прикрытия могут служить, например, громкие оптимистические заявления о том, что новые компьютерные и информационные технологии (в том числе сетевые) помогут преодолеть образовательный кризис. Серьёзных оснований для таких заявлений нет, ибо они базируются лишь на мнениях отдельных специалистов.

Интересно обратиться к зарубежному опыту. Президент Л. Джонсон в годы апогея американского изобилия поручил корпорации РЭНД рассмотреть широкий спектр методик обучения, как старых, так и новых, существовавших в США, и определить их эффективность. Идея заключалась в том, что Америка должна повышать эффективность образования, вкладывая средства в те методы обучения, которые окажутся наилучшими. В опубликованном в 1972 г. отчёте РЭНД [16], однако, отмечалось, что «проведённые исследования не позволили обнаружить ничего, что значительно и явно сказалось бы на результатах обучения» и «вероятно, значительное улучшение результатов обучения может быть достигнуто лишь с применением совершенно иной системы образования». В [16] сообщается также, что были проанализированы восемь основных докладов середины 80-х — начала 90-х годов XX века, посвящённых проблемам образования в Америке, и оказалось, что ни в одном из них не содержалось каких-либо серьёзных предложений. Хотя в них признавалась необходимость внедрять в обучение новые информационные технологии, в основном все доклады предполагали сохранение обычной модели классного обучения. В связи со сказанным возникает ряд вопросов, связанных как с попытками реформирования образования, так и с использованием компьютерной техники в процессах обучения, на которые необходимо ответить в первую очередь, а уж затем пытаться анализировать успехи и неудачи по применению тех или иных программных продуктов в сфере образования.

К таким вопросам относятся, например, следующие:

- Каковы недостатки нынешнего образовательного процесса и какие принципиально новые требования к системе образования надо предъявлять?
- Почему все предыдущие попытки реформирования системы образования не дали желаемого результата?
- Какие принципиально новые возможности для повышения эффективности образовательного процесса несут современные информационные технологии?
- Возможны ли в принципе обучающие программы, или, как иногда говорят, компьютерные системы обучения, и какой интеллектуальный уровень обучения в них достижим?
- Возможно ли создание компьютерных обучающих сред, и какими обязательными качествами должны обладать эти обучающие среды, чтобы быть средством обновления образовательного процесса по сути, а не только по внешним признакам?
- Каким образом достичь этих целей?

Это лишь часть вопросов по теме реформирования образования. Актуальность этих вопросов слабо зависит от времени. Так, ещё в 1958 г. президент США Джон Кеннеди говорил следующее [17]: «Мы в кризисе, и не русские спутники положили ему начало. Американский «Эксплорер» не привёл к его завершению. Кризис носит не только военный характер. Величайшая опасность,

угрожающая нам, не ядерное нападение. Голая правда такова: мы подвергаемся величайшей опасности проиграть титаническое соревнование с Россией, причём при этом не будет запущена ни одна ракета. Год назад при обсуждении внешних дел, вероятно, не упомянули бы просвещения. Сегодня мы не можем избежать этого. Я не знаю, верно ли, что битва при Ватерлоо была выиграна на площадках для игр в Итоне. Однако не будет преувеличением сказать, что битва, которую мы ведём сейчас, может быть выиграна или проиграна в школьных классах Америки. ⟨...⟩ Мы должны положить конец такому положению, когда только четверо из пяти наших лучших школьников заканчивают школу и только двое из пяти идут в колледж. Мы не можем позволить себе платить преподавателям в колледжах и школах, развивающим умы наших детей, меньше, чем мы платим слесарям и водопроводчикам, обслуживающим наши дома... Если согласиться с нашим бывшим министром обороны в том, что в теоретических исследованиях «нельзя заранее знать, куда идёшь», тогда наши учёные будут заниматься только прикладными вопросами. Если вы презираете интеллигенцию, мешаете учёным и вознаграждаете только спортивные достижения, тогда наше будущее действительно мрачно». Это говорилось непосредственно перед принятием уникального закона «Об образовании в целях обороны» в 1958 г., и это было всего лишь начало. Далее деятельность Дж. Кеннеди (уже как президента) по развитию национального образования носила значительно более масштабный характер: помимо одобренных конгрессом ассигнований, его администрация находила и организовывала дополнительные и весьма значительные источники средств. И ещё одна характерная цитата [16]: «В 1983 г., когда Америка откатилась назад, были проанализированы причины потери ею конкурентоспособности на международной арене, которые, похоже, были связаны с системой образования. Национальный комитет усовершенствования образования опубликовал доклад под названием «Нация в опасности». Это был уже не первый доклад, выражавший глубокую озабоченность снижением качества образования, но он поразил воображение общественности следующей фразой: „Если бы посредственная образовательная система, существующая сегодня в Америке, была навязана некоей враждебной иностранной державой, мы могли бы расценивать это как ведение войны“». Эти цитаты заставляют хотя бы задуматься над проблемой и последствиями принятых решений на этот счёт.

Вернёмся к вопросам, сформулированным нами выше. Несмотря на их «очевидность», готовых ответов (кроме чисто тривиальных или декларативных типа «да», «возможно»), а также решений, которые можно было бы смело переносить в реальный образовательный процесс, пока не существует.

В работах [2, 4—7, 10, 13] нами был дан частичный ответ на поставленные вопросы и отмечены причины, затрудняющие поиск решений. Отметим также, что, обилие различных компьютерных «образовательных» продуктов не привело ни к существенному повышению качества процесса обучения, ни к сокращению его времени, ни к массовому использованию этих продуктов в реальном образовательном процессе. В таком же положении находится и идея «дистанционно-

го» образования, если не понимать под ним хорошо известные формы заочного обучения на базе современных телекоммуникационных систем. Недостатки этой формы обучения (в неэлектронном исполнении) хорошо известны, а использование телекоммуникаций в том виде, как это делается в учебном процессе сейчас, увы, не способствуют качественному усвоению материала и приобретению новых знаний учениками при такой форме обучения, поскольку реализация плохо продуманной идеи дистанционного образования даже на суперсовременной технике не только не улучшит качество образования, но и приведёт к обратному эффекту. Справедливости ради надо отметить, что существуют образовательные задачи, которые могут быть успешно решены (и решаются) на основе современных сетевых технологий: это проведение краткосрочных курсов переподготовки (и то не в произвольной предметной области), интенсивный тренинг, информационное обеспечение и наполнение учебного процесса и т. д.

Отметим одну парадоксальную ситуацию. Сейчас, наряду с учебниками и задачниками, стало модным издавать сборники решений задач. Таким образом процесс обучения сводится к следующему. Ученик получает задание от учителя, по учебнику берёт «решебник», находит нужную задачу, переписывает её в тетрадь (либо запоминает), пересказывает учителю и получает оценку (т. е. применяется хорошо знакомая школьникам и студентам многих поколений схема «выучил — повторил — сдал — забыл»). При таком образовательном процессе наилучшими учениками оказываются дети с хорошей памятью. Конечно, учитель может задавать дополнительные вопросы, задачи и т. д., однако они в достаточной степени типизированы, и хорошие «решебники» попутно содержат и их. Странной на этом фоне выглядит борьба со шпаргалками в средней и высшей школе. Неплохо, если ученик *сам* подготовил конспект с ответами на вопросы и пользуется им при подготовке к ответу. Можно и поощрить его за самостоятельную работу, если это не просто переписанные мелким почерком один к одному отрывки из учебников. Даже при простом переписывании задействуются важные функции концентрации внимания и запоминания, а уж если отобрана лишь важная и нужная информация, то это ясно говорит об уровне понимания учеником, какие ответы ждёт от него учитель.

Заметим, что косвенно эту точку зрения подтверждает замечательная компьютерная программа по решению математических задач в символьном виде, созданная профессором А. С. Подколзиным [9]. На основе специально разработанной модели представления знаний и процедур вывода из них новых фактов ему удалось настолько хорошо смоделировать процесс решения математических задач, что часто компьютер решает их лучше и намного быстрее человека. При этом компьютер использует тщательно отобранный, отфильтрованный и специальным образом организованный арсенал готовых форм, приёмов и способов решений математических задач. Эта программа может дать и пошаговые объяснения обоснованности применения правил в процессе решения задачи, кроме того, она является обучаемой экспертом. Таким образом, компьютерный решатель математических задач профессора А. С. Подколзина демонстрирует возможность создания интеллектуальных систем, по своим возможностям срав-

нимых с интеллектом человека. Здесь возникает ряд очень важных вопросов, которые выходят за рамки статьи, но которые следовало бы обозначить.

- Если удалось обучить компьютер, то почему значительная часть детей в школе не овладевает стандартным школьным курсом математики и далее это непонимание распространяется на высшую школу?
- Может ли считаться образованным человек, не владеющей пониманием математического способа рассуждений?
- Существует ли гуманитарный аспект математики, и в чем он состоит?

Список вопросов можно продолжить.

Естественно, что вопросы, заданные нами выше, имеют ответы (см. [1,3,11]), и надо думать, что не последнюю роль в процессе обучения играет предметное содержание изучаемых разделов. Об этой проблеме — содержании образования — много говорят и дискутируют, особенно по проблеме соотношении гуманитарного и естественно-научного знания. Грубо говоря, в настоящее время проблема сводится к количеству часов, которые нужно выделить на изучение математики, физики, химии и других предметов естественно-научного цикла в сравнении с предметами так называемого гуманитарного цикла (как правило, это те дисциплины, где нет математики, базирующейся на формализованных исчислениях). При этом мало кто задаётся глубоко следующими вопросами:

- Что даёт изучение той или иной дисциплины, в чем её фундаментальный и общекультурный смысл?
- Существует ли предел базовых знаний, не обладая которыми, ученик не сможет понять смысла следующего в порядке обучения предмета?
- Почему в школе надо изучать физику, химию и т. д., но не надо изучать физхимию или химфизику?
- Что такое фундаментальное знание и фундаментальные предметные области?

В частности, возникает вопрос, какой набор базовых знаний необходим, если говорить о новой образовательной модели, и как должен выглядеть их электронный образ? Анализ моделей и наши собственные разработки в образовательной области [4, 7, 10, 13] позволяют сделать вывод, что простое отображение учебных материалов в электронном виде (в том числе методичек, тестов и т. д.) не слишком много добавляет к эффективности образовательного процесса, зато делает его более дорогим, если учитывать затраты на создание и поддержание соответствующей инфраструктуры для электронной модели учебного процесса. Необходимы, например, специально разработанные и тщательно продуманные образовательные трассы (системы навигации) по такого рода учебному материалу, причём эта проблема не решается на основе имеющихся стандартных сетевых средств, а требует специальных решений, если мы стремимся к достижению нового уровня качества образования. В частности, поэтому Интернет не является ни образовательной, ни обучающей средой, но может играть (и реально это происходит) важную роль в информационном насыщении образовательной среды.

Проводился анализ процесса обучения с точки зрения создания типологии имеющихся образовательных задач, типов упражнений и т. д. с целью создания компьютерных обучающих систем, а также технологий их создания в различных предметных областях. При этом нас интересовала на первом этапе исследований технология создания компьютерных интерактивных обучающих систем с элементами интеллектуального поведения, которое зависит от поведения ученика в процессе его обучения и его успехов в достижении учебных целей и т. д. Довольно легко формулируются требования, например, к компьютерным обучающим системам и программам, чтобы они были привлекательны для использования в учебном процессе [4], мы перечислим некоторые из них.

- Оформление отдельных страниц экрана должно характеризоваться интуитивно понятным интерфейсом за счёт применения графики, цвета и пр.
- Должны быть предусмотрены многочисленные (в том числе и многоуровневые) разветвления обучающей программы, т. е. невозможен только «линейный» (последовательный, шаг за шагом) порядок выполнения программы. Более точно, такой режим допустим, но он не должен быть единственной стратегией обучения, и, кроме того, такой режим возможен в процессе пошагового разбора плохо усвоенного материала.
- Должны иметься разнообразные возможности использования учеником различных вспомогательных средств при возникновении проблем в процессе обучения. Это системы подсказок, ссылок на дополнительные обучающие материалы, выходы на иные информационные материалы и т. д., вплоть до изменения стратегии обучения.
- Должен иметься большой запас разнообразных мотивирующих и информирующих (обратных) сообщений (адекватных для восприятия обучающимися), т. е. вариативность множества сообщений обучающей программы должна быть «достаточно» большой. Это требование распространяется и на процесс повторения учебного материала. Кроме того, при повторении должен быть в наличии иной материал с заданиями, чем при обучении.
- Системным принципом построения обучающей программы должно быть многообразие вариаций в постановке заданий, разнообразные возможности взаимодействия с программой.
- Должна быть обеспечена постоянная привязка времени и темпа обучения к уровню результатов каждого отдельного обучающегося и его психофизическим возможностям восприятия материала обучения (адаптация к обучающемуся), что предполагает наличие в системе разнообразия стратегий обучения в зависимости от типа ученика.
- Обучающийся может активно вмешиваться в регулирование хода программы (уменьшение или углубление материала, выход на дополнительные упражнения, изменение темпа обучения и т. д.)
- Должна иметься возможность прерывания процесса обучения в любой момент времени с сохранением достигнутых к этому моменту результатов обучения студента (протокол обучения). Естественно, что должна так-

же обеспечиваться возможность продолжения занятия с того места, на котором оно было прервано, или возврата к началу (по желанию ученика).

Набор таких достаточно очевидных требований можно расширять, но уже этот простой по своим формулировкам список резко сужает набор компьютерных систем, претендующих быть ещё и обучающими системами. И главный вопрос, который возникает, если принять этот список за отправную точку, как делать такие системы, обладающие к тому же интеллектуальными функциями? Ответ на этот вопрос также пока находится в исследовательской стадии, и далее мы изложим некоторые наши результаты, полученные в этой области за последние несколько лет.

1. Опыт создания обучающих систем

Одним из примеров решения проблем создания интеллектуальных обучающих систем является проект «IDEA» (создание экспертных систем в области обучения по различным предметным областям) [4]. Он был направлен на создание на основе автоматных моделей [5] моделей ученика и учителя, которые взаимодействуют друг с другом через пространство учебного материала, формализованного в виде, например, размеченных информационных деревьев или нагруженных графов более общего вида. Удалось построить удачные примеры обучающих систем в области изучения иностранных языков (в том числе и с применением экспертной системы), которые, однако, не были развиты до своего полного завершения из-за необходимости создания большого набора решающих правил, что требовало больших затрат ресурсов, которыми организаторы работ в то время не обладали.

Проект «IDEA» возник в 1990 г. в результате научного сотрудничества сначала лаборатории проблем теоретической кибернетики, а затем и кафедры математической теории интеллектуальных систем механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (инициатор и руководитель работ — заведующий кафедрой академик, доктор физико-математических наук профессор В. Б. Кудрявцев) и Института русской и советской культуры Рурского университета (Бохум, Германия) (руководитель работ — заместитель директора института доктор К. Вашик). Проект был одним из первых российско-германских научных проектов в этой области, давший мощный толчок для исследований по проблемам компьютерных систем обучения на высоком междисциплинарном уровне. Позднее к проекту подключилась немецкая фирма Link & Link GmbH, которая и финансировала разработку. Первая версия инструментальной системы для разработки интеллектуальных обучающих систем появилась примерно в середине 1992 г. Она включала в себя авторскую систему (средства разработки собственно курсов), систему ученика (средства отображения на экране учебного материала) и средства для создания экспертной системы. Был разработан демонстрационный курс «Итальянский язык для немцев-туристов» с простыми демонстрациями возможностей экспертной обучающей системы.

Курс и система «IDEA» были продемонстрированы на выставке CeBIT-93 (Ганновер, Германия) и получили хорошие отзывы специалистов.

По результатам маркетинговых исследований было решено в первую очередь разрабатывать инструментальные средства для расширения возможностей проектирования дизайна курсов, реализации дополнительных презентационных возможностей и т. д.

Часть, связанная с экспертной системой, оказалась на тот момент невостребованной рынком образовательных услуг, финансирование этих разработок фирмой Link & Link GmbH было прекращено, однако в 1993—1995 гг. продолжались научные исследования в этой области, финансируемые программой «INTAS» (грант INTAS 94-0135). Эти исследования продолжаются и сейчас при поддержке РФФИ, федеральной целевой программы «Интеграция» и т. д. В то же время фирмой Link & Link GmbH с 1993 по 2001 г. было выпущено на рынок три различных версии «IDEA»; в настоящее время продаётся версия IDEA 4.0 Professional.

Дадим краткое сравнительное описание эволюции проекта «IDEA» от версии к версии, отмечая наиболее важные особенности каждой версии. Генеральная стратегия оставалась одна: упростить разработку компьютерных учебных курсов в сравнении с использованием какого-либо стандартного языка программирования, упростить разработку простых в техническом отношении курсов до того, что сделать всё может вообще не программист, а в случаях более сложных — облегчить работу программиста в несколько раз (как показал опыт разработки больших курсов, удаётся достичь более чем пятикратного сокращения затрат времени программиста).

Версия 1

Программа состояла из двух основных модулей: авторской системы и системы ученика, которая передаётся ученику вместе с готовым курсом и служит интерпретатором данных, подготовленных с помощью авторской системы.

Предопределённые типы упражнений

Автору предоставлялся набор предопределённых типов упражнений: выбор одного или нескольких вариантов из списка предложенных, заполнение пропусков в тексте, установление соответствия, поиск элементов на изображении и др. Для каждого типа упражнения была подготовлена своя форма ввода данных. Соответственно этому работа автора по созданию учебного курса строилась следующим образом.

1. Составление плана курса
2. Подбор данных — текстов, изображений, звуков и видео.
3. Подготовка дополнительных данных: пояснений, справочной информации, словарей и др.

4. Подготовка данных для экспертной системы: определение структуры учебных целей, подготовка планов обучения, комментарии.
5. Подготовка упражнений: выбор одного из предопределённых типов и заполнение соответствующей формы (тексты, изображения, звуки и видео, ссылки на справочную информацию и словари), квалификация возможных ошибок ученика (тип ошибки, количество баллов, ссылки на учебные цели, незнание которых могло послужить причиной ошибки).

Режимы обучения

Ученику предлагались три режима обучения:

1) свободная навигация по курсу, выполнение упражнений в произвольной последовательности;
2) обучение по одному из заранее подготовленных автором планов; предусматривался свободный выбор плана (или выбор по рекомендации экспертной системы), затем выполнение упражнений в строгой последовательности.
3) обучение под управлением экспертной системы: следующее упражнение назначается экспертной системой в зависимости от результатов и индивидуальных особенностей ученика. Здесь были возможны повторения, повышение или понижение сложности упражнений и т. п.

Экспертная система

Задачу экспертной системы по управлению обучением можно разбить на следующие подзадачи:

1) подбор подходящего учебного плана в зависимости от результатов начального тестирования ученика (кроме его уровня знаний, могут быть выявлены и некоторые индивидуальные особенности);
2) предъявление ученику учебного материала, накопление результатов урока;
3) составление протокола обучения, хранящего в сжатой форме историю всех событий (см. ниже). Составление на основании протокола обучения моделей ученика (определение типа ученика) и учебной ситуации;
4) анализ ситуации: определение действий, которые целесообразно предпринять в данной учебной ситуации для данного типа ученика;
5) подбор подходящей учебной стратегии;
6) составление плана следующего урока: наполнение выбранной стратегии учебным материалом.

В ходе обучения экспертная система следит за следующими событиями:

1) успешно выполненные упражнения и отдельные части упражнений;
2) допущенные при выполнении упражнений ошибки с квалификацией класса ошибки:
3) обращения к справочной или иной дополнительной информации;

4) существенные превышения запланированного автором упражнения времени или, наоборот, выполнение упражнения значительно ранее запланированного времени;
5) предпринятые по инициативе ученика отклонения от учебной стратегии и другие вмешательства в ход обучения.

История событий накапливается во всех режимах обучения, поэтому при переходе от режима свободной навигации к режиму обучения с экспертной системой учитываются предыдущие результаты.

Для удобства задания автором правил экспертной системы применялось кодирование динамики события E на протяжении всего обучения тройкой $C_E = (F_E, N_E, R_E)$, где

F_E — тип кривой — описание динамики частоты события на интервале элементами конечного алфавита: часто; редко; сначала редко, потом чаще и т. д.;

N_E — длина кривой — отношение длины протокола к запланированному времени обучения T_0;

R_E — вес кривой — отношение числа произошедших событий к числу возможных или, как в случае пользования справочной информацией, к числу ожидаемых (в этом случае оно может быть больше 1).

Более подробный протокол обучения может быть получен, если хранить тройки $C_{E_i}(I_j)$ для нескольких наиболее важных интервалов I_j: учебная цель, урок, а также временны́х интервалов (сегодняшнее занятие, последний час и т. п.).

Версия 2

Компоненты. Дизайнер страницы

Во второй версии была добавлена возможность самостоятельно разрабатывать новые типы упражнений, составляя их из предопределённых компонент (надпись, изображение, кнопка и др.) Затем такой шаблон может использоваться для составления упражнений. Как при разработке шаблона, так и при редактировании самих упражнений применяется дизайнер страницы, дающий автору возможность располагать компоненты на экране и менять их внешний вид, постоянно наблюдая результат своих действий, — возможность, которой он лишён при использовании стандартных форм ввода. Стандартные формы остаются как средство быстрого ввода содержания упражнений.

Возможности навигации по курсу

Определяемый автором план обучения теперь не обязательно линейная последовательность, он может содержать разветвления и циклы, управляемые скриптами.

Скрипты

Чтобы дать автору возможность создавать интерактивные упражнения, в версии 2 был добавлен интерпретатор скриптов. Автор мог поставить в соответствие любому событию, произошедшему во время обучения, начиная с атомарных событий (нажатие мыши, ввод с клавиатуры и т. п.) и заканчивая более сложными (ошибка определённого типа, переход к следующей главе и т. п.), некоторый скрипт. В качестве синтаксиса языка было выбрано ограниченное подмножество Java.

Однако автору, как правило не знакомому с языками программирования и не имеющему соответствующих навыков, был предоставлен альтернативный способ представления текста скрипта в виде последовательности «действий» и инструмент для редактирования этой последовательности без необходимости изучать синтаксис языка.

Средства мультимедиа

По мере появления новых возможностей мультимедиа Windows (новые графические, аудио- и видеоформаты, анимация и др.) они становятся доступными и для использования в «IDEA».

Библиотеки

Модульное построение учебного курса — разбиение его на несколько независимых баз данных (библиотек) — сделало возможным использование один раз выполненной работы в других курсах.

Версия 3

Эта версия соединила сильные стороны первых двух версий: удобство использования стандартных форм ввода для предопределённых типов упражнений и свобода при разработке новых типов.

Шаблоны страниц. Экспресс-режим

При разработке курса коллективом авторов естественное разделение труда такое: несколько дизайнеров и программистов готовят шаблоны упражнений, а авторы содержания (в больших проектах их может быть несколько десятков) составляют сами упражнения, заполняя эти шаблоны фактическим материалом. Эти две группы авторов имеют принципиально различные задачи, разную квалификацию и стиль работы. Соответственно и авторская система теперь предоставляет им совершенно различный пользовательский интерфейс. Параллельно с разработкой шаблона упражнения возникает и соответствующая форма ввода для авторов содержания, которая может быть дополнительно настроена автором

шаблона. Авторы же содержания работают в так называемом «экспресс-режиме», который максимально специализирован для их задачи и предельно прост в обращении, чтобы можно было начать работу без всякого предварительного обучения и чтения документации.

Специализированные компоненты (упражнения, протокол, презентация)

Следующие виды работ требуют наибольших затрат при разработке новых типов упражнения:

1) описание способа, которым ученик будет давать ответ на вопрос (нажатие или перетаскивание мышью, ввод с клавиатуры, последовательности определённых действий);
2) квалификация ошибки (тип, количество баллов, комментарий);
3) ведение протокола обучения (какие именно события формируют историю обучения);
4) разработка мультимедиа-презентаций.

Эти работы облегчаются с помощью специализированных компонент, предлагающих автору упражнения ряд вопросов, отвечая на которые, он настраивает внешний вид и функционирование упражнения в режиме ученика. Наличие таких компонент означает, что в одном и том же упражнении могут комбинироваться несколько презентаций и «подупражнений» разных типов.

Использование баз данных

Содержательная часть курса теперь может импортироваться из баз данных стандартных форматов (XML, Access и других форматов, поддерживающих SQL). Импортирование может производиться как во время работы автора (чтобы затем дорабатывать упражнения с помощью авторской системы), так и непосредственно при работе курса на компьютере ученика — это даёт возможность динамически обновлять содержание курса.

Интернет

Для использования в «IDEA» становятся доступными возможности Интернета: появляются компоненты HTML и электронной почты. Кроме того, готовый учебный курс может быть теперь опубликован в нескольких вариантах:

1) программа для Windows, работающая с CD, жёсткого диска или в локальной сети;
2) программа, использующая учебные материалы, находящиеся на удалённом сервере;
3) программа для Windows, автоматически устанавливающаяся с удалённого сервера и использующая удалённые данные.

Версия 4

Ассистенты

Работа автора содержания («экспресс-режим») становится эффективнее за счёт появления интерактивных форм ввода (ассистентов). Ассистенты настраиваются автором шаблона упражнения. Например, они проверяют, удовлетворяют ли введённые данные необходимым условиям, самостоятельно добавляют или изменяют данные, если уже введённая часть данных позволяет это сделать.

XML

Широкое распространение языка XML означает, что многие авторы имеют готовые учебные материалы в этом формате (или в других форматах, допускающих экспорт в XML). Поэтому теперь «IDEA» использует XML как альтернативный формат для учебного курса, что позволяет интегрировать его с готовыми учебными материалами из разных источников.

Интернет

Система ученика поддерживает теперь стандарты AICC и SCORM, что даёт возможность интегрировать курсы в автоматизированный учебный процесс. Появляется новый вариант публикации — платформо-независимый онлайн-курс: система ученика — Java-апплет, данные представлены в формате XML.

Отличительными особенностями версии 4 являются следующие:

- открытая архитектура: расширение возможностей системы за счёт подключаемых компонент;
- возможность создавать Интернет-версию учебного курса;
- наличие интеллектуальных ассистентов, помогающих создавать упражнения и презентации без программирования;
- поддержка всех наиболее распространённых форматов мультимедиа;
- возможность создавать платформо-независимые курсы;
- импорт из баз данных;
- возможность работы над курсом нескольких авторов одновременно;
- поддержка стандартов AICC, XML.

Более подробную информацию можно найти на сайте фирмы Link & Link GmbH `www.linkundlink.de`.

Следует также отметить, что научное сотрудничество, возникшее в результате работы над проектом «IDEA», привело также к новым организационно-научным и организационно-учебным формам российско-германского сотрудничества: в 1991 г. был создан российско-немецкий Московский научный центр по культуре и информационным технологиям (МНЦ КИТ), инициаторами учреждения которого выступили учёные из МГУ им. М. В. Ломоносова, Института мировой

литературы АН СССР, Института русской и советской культуры Рурского университета, частные лица и предприниматели из Германии и России. Немецкой фирмой «Bo-Data» в 1991 г. была предоставлена в качестве безвозмездного дара МНЦ КИТ для научных исследований локальная компьютерная сеть из 21 компьютера с лицензионным программно-математическим обеспечением, а Институт мировой литературы АН СССР предоставил свои площади для размещения компьютерного оборудования и сотрудников МНЦ КИТ. В 1993—1996 гг. для решения научных, учебных и организационных задач были созданы различные совместные российско-германские структуры: Российско-германский институт науки и культуры (на базе МГУ им. М. В. Ломоносова), Институт европейских культур (на базе Российского государственного гуманитарного университета) и др. С 1995 г. МНЦ КИТ работает в тесном контакте с Российским государственным гуманитарным университетом над проблемами компьютерных обучающих систем и сред. Кроме того, следовало бы отметить первый состав рабочей группы по исследованию проблем создания компьютерных обучающих систем: д. ф.-м. н. профессор В. Б. Кудрявцев (Россия, руководитель проекта с российской стороны), доктор К. Вашик (Германия, руководитель работ с немецкой стороны, эксперт-филолог), доцент А. С. Строгалов (Россия, ответственный исполнитель), научные сотрудники П. А. Алисейчик (Россия), В. В. Перетрухин (ныне работает программистом в Канаде), Б. Линк (Германия), А. Линк (Германия).

На основе инструментальной среды «IDEA 2.0» и «IDEA 3.0 Professional» был создан ряд мультимедийных обучающих и тестирующих систем и электронных монографий по информатике, гуманитарным наукам, медицине и другим предметным областям. Отрабатывался опыт эффективного использования телекоммуникаций в обучении в режимах офлайн и онлайн. Всего за 1995—2001 гг. было произведено порядка 15 курсов, часть из которых была тиражирована и выпущена на отечественный рынок образовательных услуг в рамках внутреннего заказа Российского государственного гуманитарного университета. Упомянем некоторые из этих образовательных продуктов.

- «Основы компьютерной грамотности» — курс для начинающих в области информатики. Содержит обучающую систему по основным понятиям информатики.
- «Русская разговорная речь для иностранцев» — продвинутый курс для иностранцев, изучающих русский язык. Включает нескольких тем для общения с мультимедийными средствами обучения. Обучающая система имеет поддержку на английском, немецком и французском языках.
- «Проектирование информационных систем в Winword, Excel, Fox-Pro» (совместно с факультетом информатики РГГУ) — стандартный семестровый курс, ориентированный на студентов гуманитарных вузов. Содержит развитую систему обучения на основе тщательно разработанных тестов.
- «Русская культура на пороге Нового времени» — мультимедийный учебник по культурологии.

- «Знаете ли вы А. С. Пушкина? Обучающая и тестирующая программа для учителей и учеников (к 200-летию со дня рождения А. С. Пушкина)».
- «1917. Плакат в революции — революция в плакате» — обучающая система с развитыми навигационными возможностями движения по курсовому материалу. Содержит оригинальный набор упражнений, построенный на основе визуального плакатного материала. Объём курса соответствует семестровому учебному материалу.
- «Аускультация лёгких» (совместно с институтом пульмонологии МЗ РФ) — курс по основам аускультации, теории и практике применения отечественных препаратов при лечении астмы. Содержит набор тренировочных упражнений по распознаванию характерных звуков при аускультации лёгких в случае различных заболеваний.
- «Ультразвук и сосуды. Теория и практика» — электронная монография.
- «Самоучитель игры на гитаре». Курс содержит ряд специальных упражнений, использующих возможности мультимедиа для повышения эффективности обучения.
- Специализированные курсы, созданные крупными компаниями для обучения своих сотрудников: обучение работе со специализированным программным обеспечением, обучение страховых агентов правильно соотносить страховые случаи с соответствующим пунктом договора, курс для бухгалтеров о проблемах при переходе с национальной валюты на евро, вводные курсы для новых сотрудников крупной торговой сети и др.

2. Особенности обучения

Были разработаны различные схемы организации дистанционного обучения, одна из которых была создана специально для применения в ней технологии разработки обучающих курсов на основе инструментальной среды «IDEA», что снижало затраты на создание мультимедийных обучающих курсов. Общая схема организации такого типа обучения приведена на рис. 1.

На основе этой схемы организации дистанционного обучения было экспериментально проверено функционирование всех её компонент с использованием электронной почты, протокола FTP и т. д., причём процесс взаимодействия позволял при работе с курсами, созданными при помощи «IDEA» (учебная среда), использовать указанные выше протоколы обмена информацией для взаимодействия с преподавателями и учениками без выхода из учебной среды. Кроме того, были успешно проведены сеансы дистанционного обучения с университетом Огайо (США) в режиме онлайн с использованием мультимедийного обучающего материала (звук, графика, видео).

При создании компьютерных обучающих систем такого рода и экспериментальной отработке использования сетевых технологий в обучении пришлось провести анализ организации реальных процессов обучения (школа—вуз), при этом

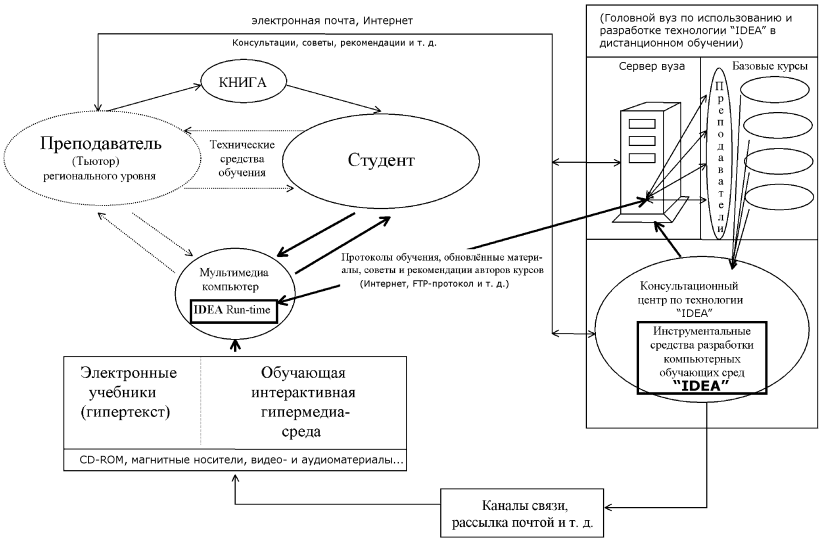

Рис. 1. Принципиальная технологическая схема процесса дистанционного обучения на основе «IDEA»

была отмечена одна из причин возникновения определённого стресса у обучающегося при переходе из школы в вуз, которую надо учитывать при разработке компьютерных систем обучения: при этом переходе меняется способ организации учебного процесса и использования и организации учебных материалов.

Учебно-методический комплект для школы включает учебник, книгу для чтения, сборник задач, методические указания для учителя, практикум, учебные планы, программы и другие материалы. Учебно-методический комплект для вуза включает **курс лекций**, учебник, **методические материалы для студента**, сборник задач, практикум, учебные планы, программы и т. п. Комплект для вуза отличается от школьного двумя компонентами, выделенными полужирным шрифтом. Появляются лекции и методические материалы для студентов, которые определяют разные требования к процессу обучения в школе и вузе, что следует учесть при создании компьютерных систем обучения. Обучение в школе характеризуется постоянным взаимодействием учителя и ученика. В вузе взаимодействие лектора и преподавателя со студентом резко слабеет. Более того, студенту необходимо уметь работать самостоятельно, предпринимать серьёзные интеллектуальные усилия по превращению информации, полученной в процессе обучения, в организованное знание. Конечно, студент младших курсов к самостоятельной работе не готов. Следовательно, при создании компьютерных обучающих систем наряду с обучающим материалом в них надо закладывать функции обучающего преподавателя. Последнее предполагает наличие ряда функций у обучающей системы. К их числу относятся умения отвечать на различные вопросы, синтезировать последовательности вопросов и анализировать ответы на

них ученика. Пока это выражается лишь в разнообразии курсового содержания и вариативности множества возможных ответов.

Отметим, что, на наш взгляд, в любом учебном процессе можно выделить три стандартные части: дидактическую, методическую и антропологическую (иначе говоря, человеческий фактор).

Дидактическая часть предполагает существование информационного наполнения и наличие структуры учебного предмета (например, ресурсы Интернета, справочные системы и т. п.), и, как отмечено выше, основной прогресс в развитии компьютерных систем приходится сейчас на эту область. Методическая часть (если она присутствует) во всех компьютерных системах представлена сейчас одной («школьной») моделью, основная схема действий в которой — это «выучил — повторил — сдал». На самом деле есть по крайней мере три основных типа методических систем организации учебного процесса:

1) информационно-упражненческая форма (обычная школьная форма);
2) задачно-целевая форма;
3) ситуативно-проблемная форма.

И во втором, и в третьем случаях необходим активный ученик, задающий вопросы. Третья форма отличается от второй осознанием способов собственной работы и учителем и учеником, а также наличием обширного дискуссионно-проблемного обучающего материала, по отношению к которому необходимо определение позиции ученика и учителя. Компьютерные обучающие системы позволяют разработать пособия, которые помогут организовать учебный процесс по второму и третьему типам за счёт моделирования отдельных аспектов и фрагментов каждого субъекта учебного процесса (во взаимодействии учителя, ученика и обучающего материала) на основе моделей и методов нечёткой логики, параллельной обработки вариантов действий, использования эвристик и содержательных имитационных моделей. Кроме того, весьма актуальна автоматизация задачи синтеза различных сценариев обучения, в частности создание таких компьютерных средств, которые позволяли бы решать эту задачу педагогам, не являющимся профессионалами-программистами.

В создании компьютерных обучающих систем важно осознавать желание человека пользоваться такими системами. Если система выглядит как традиционный учебник, то человек ею, скорее всего, пользоваться не будет, поскольку проще и удобнее читать учебник. Подвигнуть человека пользоваться компьютерной системой могут иные целевые установки, например желание получить второе образование самостоятельно, интерес к конкретной проблеме, получение новейшей информации и т. д. Компьютерные системы позволяют легко обновлять содержание курсов учебных дисциплин, добавлять разнородные элементы, использовать звук, видео, графику, что естественно повышает при соответствующей организации качество усвоения исходного материала.

В проекте «IDEA» [4, 6] частично реализованы эти принципы. Была использована концепция экрана как наименьшей дидактической единицы, информация

на котором — интерактивные кнопки, гиперссылки, активные зоны и т. д. — позволяет ученику управлять движением и событиями курса, что упрощает систему навигации по нему.

Опишем некоторую формализацию процесса обучения, лежащую в основе проекта «IDEA», которая затем будет уточнена в виде автоматной схемы.

Первоначально общая структурная схема программы «IDEA» имела вид, показанный на рис. 2.

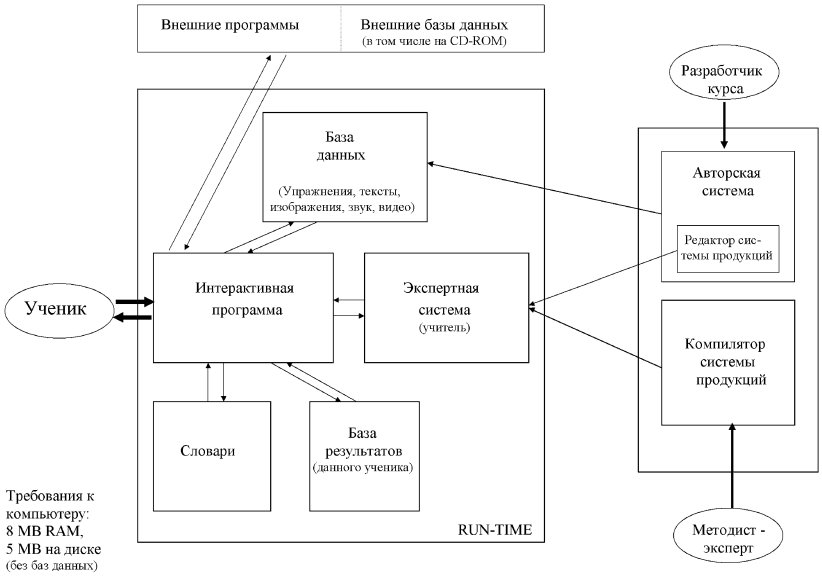

Рис. 2. Схема обучающей программы «IDEA»

Учебный материал представлялся в виде набора деревьев, имеющих перекрёстные ссылки, что отражало не только иерархичность структуры обучающего материала, но и различного рода ссылки, создающие вторичные и пр. структуры учебного материала, отражающие взаимосвязи различных учебных целей, задач и т. д. В зависимости от типа ученика, его успехов или неудач предлагались три стратегии обучения (быстрая, нормальная и медленная). На рис. 3 изображены линейные стратегии обучения, соответствующие движению в одном направлении. Экспертная система в программе «IDEA» могла изменять ход процесса обучения: предлагала перейти на другие стратегии обучения, выполнить повторно упражнения того же типа в случае ошибок локального характера, вернуться к ранее пройденному материалу в случае большого количества разнородных ошибок или изменения качества ошибок. В процессе обучения экспертная система сохраняла информацию о прохождении учеником данного курса. Обучение можно было возобновить с момента последней остановки.

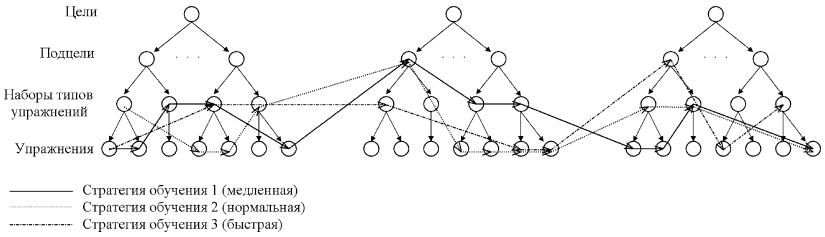

Рис. 3. Обучающие стратегии в экспертной системе программы «IDEA»

Правила экспертной системы — это продукции вида «**Если** ⟨условие⟩, **то** ⟨действие⟩». Для экспертной системы был разработан специальный механизм оценки качества событий, происходящих с её участием (например, локальная оценка качества учебного процесса на основе выбранной стратегии), в виде достаточно большого набора кривых, допускающих естественную интерпретацию типа «прогресс», «единичная ошибка», «нарастание усталости» и т. д. На рис. 4 приведён общий вид правил экспертной системы «IDEA» и некоторые типы кривых, возникающих в задачах обучения иностранному языку.

Главной целью проекта «IDEA» [4] была разработка и доведение до практического использования такой компьютерной системы обучения, которая моделировала бы *всех* участников образовательного процесса (учителя, ученика, учебный материал) и организовывала оптимальное их взаимодействие. В про-

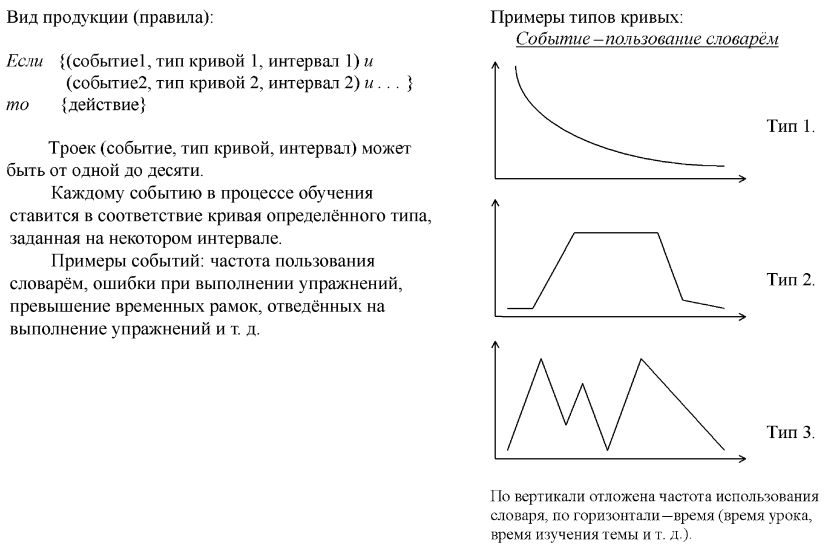

Рис. 4. Примеры события и вида продукции в экспертной системе программы «IDEA»

екте были заложены механизмы для формирования модели учителя и ученика, введён определённым образом организованный учебный материал с элементами мультимедиа и на этой основе имитировался процесс реального обучения с учётом таких характерных его особенностей, как взаимная настраиваемость учителя и ученика, способности ученика, оптимальность стратегии дозировки знаний и упражнений учителем, скорость запоминания и забывания знаний учеником, продолжительность и устойчивость его активного состояния и т. п.

В этом подходе учитель и ученик интерпретировались как адаптивные автоматы [5], а процесс обучения состоял в их итеративном взаимодействии. Со стороны автомата-«учителя» на каждом шаге выбирается оптимальная с его точки зрения подача автомату-«ученику» обучающей информации на основе того, как «усвоил» на предыдущих шагах обучения такую информацию автомат-«ученик».

Обучающая система является достаточно универсальной для заданного класса предметных областей, а также открытой, она легко пополняется информацией во всех своих основных частях. Модельным классом предметных областей выступали реальные языки. Таким образом, эти обучающие системы после наполнения их конкретным содержанием становились бы компьютерными обучающими системами по конкретным языкам.

В соответствии с изложенным в проблеме синтеза адаптивного компьютерного «учителя» необходимо было решение следующих основных задач:

1) синтез автомата-«учителя»;
2) синтез автомата-«ученика»;
3) разработка информационной системы, аналогичной учебнику с упражнениями;
4) выработка оптимальной стратегии взаимодействия компонент 1)—3);
5) создание интерфейса с широкими сервисными услугами для пользователя.

Решение задач 1)—4) сопряжено с рассмотрением целого ряда вопросов. К их числу относятся следующие:

а) разработка динамических баз данных и знаний, состоящих из больших массивов синтаксической информации со сложной семантикой и нечёткими логическими связями. Эти базы должны быть компактными по объёму занимаемой памяти и в то же время позволять достаточно быстро получать необходимую информацию из них;
б) разработка признакового пространства описания состояний автомата-«учителя» и автомата-«ученика» с указанием функционально-метрических зависимостей между ними, позволяющих задавать функционирование этих автоматов;
в) разработка оптимальных стратегий взаимодействия автомата-«учителя» с автоматом-«учеником» как средствами собственно теории автоматов и нечёткой логики, так и процедурами типа распознавания образов и пр.

Эти вопросы были исследованы авторами и изложены в [4, 6, 7]. Теоретическим фундаментом модели является автоматная модель гибридного вида и

её свойства [5], а также некоторые модели и методы, созданные авторами или привлечённые из теории интеллектуальных систем. Ниже следует описание структуры и принципы функционирования основных блоков компьютерной обучающей системы «IDEA for Windows».

3. Общая структура системы «IDEA for Windows»

Система «IDEA for Windows», называемая далее просто «IDEA», состоит из следующих основных модулей.

Учебный курс

Учебный курс представляет собой набор данных, необходимых для обучения. В него входят:

1) учебный материал: описание предметной области в форме текстов, изображений, графиков, схем, видеофильмов, звуковых записей и т. д.;
2) тренировочные упражнения, предназначенные для закрепления полученных знаний и навыков. Получение новой информации может быть организовано в виде упражнений. Чёткого разделения между тренировочными и тестовыми упражнениями не проводится, поскольку система следит за всем процессом обучения и, следовательно, может использовать для принятия решений сведения, полученные в ходе выполнения тренировочных упражнений. «IDEA» имеет постоянно пополняемый набор типов упражнений (в настоящее время 20), среди которых есть, например, тренировка произношения, что позволяет использовать её при обучении иностранным языкам;
3) описание структуры учебного курса в виде дерева (или нескольких деревьев) учебных целей. Это дерево содержит в качестве корневой вершины глобальную учебную цель: например, усвоение данного учебного курса. Вершины следующего яруса — подцели этой глобальной цели, и так далее вплоть до вершин нижнего яруса — атомарных учебных целей. Примером атомарной учебной цели может служить знание форм одного неправильного глагола. Как правило, существует несколько глобальных учебных целей и, соответственно, несколько деревьев. При обучении языкам это грамматика, коммуникативные навыки, лексика, знание стандартных языковых конструкций и т. д. Для каждой учебной цели в дереве может (а для целей нижнего яруса должен) быть указан набор тренировочных и тестовых упражнений, которые будут использованы системой для закрепления или проверки знаний, необходимых для достижения этой цели;
4) справочная информация: таблицы, словари и т. п.;
5) набор учебных стратегий. Учебная стратегия — это планируемая последовательность упражнений или учебных целей. В одном и том же курсе для

ученика может быть выбрана та или иная учебная стратегия в зависимости от его задач (например, овладение не всем учебным материалом, а лишь некоторой его частью). На выбор стратегии также влияют режим обучения (частота и длительность занятий), начальные знания ученика, тип ученика, определённый на основании анализа процесса обучения, конкретные события в процессе обучения (например, неожиданные трудности при усвоении определённого материала), возможно возраст ученика. Таким образом, учебный курс, содержащий достаточное количество стратегий, позволяет экспертной системе подойти к ученику индивидуально, что и составляет главное преимущество системы «IDEA» по сравнению с другими компьютерными обучающими системами. Разумеется, в процессе обучения могут возникнуть локальные отклонения от стратегии, связанные с решениями экспертной системы или самого ученика, но глобальная задача экспертной системы — это провести ученика по выбранной стратегии и, следовательно, решить соответствующую этой стратегии задачу обучения.

Интерфейс ученика

Этот модуль решает следующие задачи:

1) отображает на экране для ученика содержимое учебного курса, всех его компонент, перечисленных выше;
2) позволяет выполнять упражнения и во время их выполнения даёт разрешённый автором курса доступ к справочной и иной информации. Для этого доступа интерфейс ученика использует свои навигационные средства или созданную автором систему гипертекстовых ссылок;
3) отображает результаты упражнений и рекомендации экспертной системы;
4) даёт ученику (или следящему за обучением учителю) возможность вмешиваться в процесс обучения, локально отклоняясь от планируемой системой последовательности упражнений, необходимых для достижения этой цели. Такими отклонениями могут быть:
   — временное изменение режима обучения. Возможны три режима в зависимости от того, как выбирается очередное упражнение: очередное упражнение выбирается экспертной системой, самим учеником после просмотра содержимого курса или независимо от результатов предыдущего упражнения берётся следующее упражнение в текущей стратегии;
   — изменение текущей стратегии;
   — пауза (как между упражнениями, так и во время выполнения упражнения);
5) отображает статистику обучения: выполненные упражнения, их результаты, другие события, происходившие при их выполнении (превышение запланированного времени, пользование справочной информацией и т. п.),

рекомендации экспертной системы, предпринятые по инициативе ученика отклонения от учебной стратегии (см. далее раздел «База данных истории обучения»);

6) даёт ученику представление о текущем состоянии его знаний: уровне достижения всех учебных целей, описанных в дереве целей, а также целей, соответствующих учебным стратегиям.

Авторская система

Авторская система представляет собой инструмент создания и редактирования всех компонент учебного курса.

Модуль редактирования курса и доступа к нему в режиме ученика

Этот модуль обеспечивает модулю интерфейса ученика и авторской системе доступ к данным учебного курса. Уровень доступа — возможности просмотра и изменения данных — определяют интерфейсные модули. В частности, не только ученик, но и автор (в зависимости от своей квалификации) может не видеть или не иметь возможности редактировать некоторые части курса.

База данных истории обучения

В этой базе данных хранится и постоянно обновляется информация обо всех событиях, произошедших в процессе обучения. Эта информация является основой для принятия решений экспертной системой, а также (частично) доступна ученику через интерфейс ученика. Фиксируются следующие события:

1) все выполненные или начатые упражнения, при этом прерванные упражнения сохраняются отдельно;
2) успешно выполненные упражнения и отдельные части упражнений;
3) допущенные при выполнении упражнений ошибки с квалификацией класса ошибки; «IDEA» использует четыре класса ошибок:
   - случайные ошибки (опечатки, случайное нажатие кнопки мыши не в том месте и т. п.);
   - ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по изучаемой в данный момент теме;
   - ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по другим темам;
   - нераспознанные ошибки (например, бессмысленная последовательность букв там, где надо было написать слово);
4) обращения к справочной или иной дополнительной информации;
5) существенные превышения запланированного автором упражнения времени или, наоборот, выполнение упражнения значительно ранее запланированного времени;

6) предпринятые по инициативе ученика отклонения от учебной стратегии и другие вмешательства в ход обучения.

Вся перечисленная информация доступна как для отдельных упражнений и атомарных учебных целей, так и на верхних ярусах дерева учебных целей как аккумулированная информация о подцелях.

Учитель

Этот модуль в общепринятой терминологии представляет собой экспертную систему. Она состоит из ядра и базы знаний продукционного типа. Задача экспертной системы — определять тактику прохождения по учебной стратегии для решения соответствующей этой стратегии учебной задачи. Кроме того, экспертная система корректирует поведение ученика в процессе обучения, давая ему советы. Основой для принятия решения служит следующая информация:

1) текущая стратегия (задача обучения);
2) база данных истории обучения;
3) гипотеза о типе ученика, постоянно корректируемая в ходе обучения;
4) локальные события, произошедшие в последнем упражнении, текущей учебной цели, в течение сегодняшнего урока или за последний час и т. д.;
5) дерево учебных целей, которое используется при необходимости дополнительной тренировки, возврата к недостаточно усвоенной теме и тестирования знаний после её повторения.

4. Обучение с помощью экспертной системы «IDEA»

Впервые начиная работу с системой «IDEA», ученик должен ответить на ряд вопросов, запланированных автором учебного курса. Как правило, это вопросы об имени, возрасте, начальном уровне знаний по предмету обучения, о наличии знаний в смежных областях (например, при обучении иностранному языку это знание другого языка). Возможны также вопросы о целях, которые ставит перед собой ученик при изучении данного курса, о предполагаемой частоте и длительности занятий. На основании результатов этого начального опроса экспертная система рекомендует ученику одну из учебных стратегий. Каждая стратегия содержит краткое описание, позволяющее ученику самому решить, следовать ли рекомендации экспертной системы или попробовать начать обучение по другой стратегии. Вторая задача начального опроса — дать экспертной системе информацию для выработки начальной гипотезы о типе ученика. В процессе обучения эта гипотеза будет корректироваться. В зависимости от текущей гипотезы экспертная система будет применять ту или иную тактику обучения. Есть и ещё одна немаловажная деталь, позволяющая индивидуализировать процесс обучения: «IDEA» обращается к ученику по имени, называя его «ты» или

«Вы» в зависимости от возраста и используя правильный род в зависимости от пола. Автор курса также имеет возможность использовать значения этих переменных в текстах упражнений.

Затем экспертная система выбирает первое упражнение. Все события, происходящие во время его выполнения, фиксируются в базе данных результатов ученика. После того как упражнение выполнено, экспертная система даёт ученику советы, объясняет текущую учебную ситуацию и предлагает следующее упражнение. В любой момент ученик имеет возможность отклониться от предлагаемой ему последовательности упражнений, этот факт, а также всё, что происходит во время таких отклонений, фиксируется в базе данных результатов ученика и используется в дальнейшем экспертной системой при принятии решений.

Ввиду существенного объёма баз знаний и данных и необходимости очень часто обращаться к экспертной системе и практически мгновенно реагировать на происходящие события, задача оптимизации принятия решений в обучающих экспертных системах приобретает особенную актуальность. При решении этой проблемы в экспертной системе «IDEA» была использована следующая особенность. База знаний в левой части продукций использует практически всю информацию, содержащуюся в базе данных истории обучения, и следовательно, при вычислении истинности условий приходится всякий раз обращаться к базе данных. Однако содержимое этой базы данных меняется весьма медленно, так как основную её часть составляет аккумулированная информация об учебных целях. Поэтому компилятор базы знаний создаёт специальную индексную структуру, устанавливающую связь между записями базы данных и продукциями базы знаний. При обновлении информации в базе данных истории обучения сразу выделяется список продукций базы знаний, условия которых необходимо пересчитать, и этот список существенно сокращает время принятия решения.

Для экспертной системы был разработан специальный язык, позволяющий использовать в продукциях базы знаний аккумулированную информацию о событиях, содержащуюся в базе данных истории обучения.

Основой этого языка служат следующие понятия:

1) тип ученика. «IDEA» не имеет предопределённых типов ученика, давая автору базы знаний (методисту) свободу в определении собственных типов в соответствии со своей методикой;
2) событие. Примеры событий были приведены выше. Автор базы знаний может определять новые события, вычисляемые на основании определённых ранее;
3) интервал. Это либо учебная цель, либо учебная стратегия, либо упражнение, либо один из временных интервалов (сегодняшнее занятие, последний час и т. п.);
4) тип кривой. Это описание динамики частоты события на интервале одним-двумя словами: часто; редко; сначала редко, потом чаще и т. д. — «IDEA» использует конечное множество определяемых автором типов кривых (в работающей сейчас базе знаний их имеется около 20);

5) вес кривой на интервале. Это отношение числа произошедших событий к числу возможных или, как в случае пользования справочной информацией, к числу ожидаемых (в этом случае оно может быть больше 1).

Опыт создания базы знаний для системы «IDEA» показал, что этот язык хорошо отражает структуру знаний специалистов по методике обучения и они, не будучи знакомы ни с теорией экспертных систем, ни с языками программирования, способны создавать работающую базу знаний.

Тем не менее одной из главных проблем при создании компьютерных обучающих систем остаётся задача формализации знаний эксперта (преподавателя) и представление их в виде, необходимом для функционирования системы. Даже при использовании наиболее эффективных авторских систем в среднем на подготовку 1 часа урока требуется 10—15 часов работы автора. Основную трудность здесь представляет формализация знаний, необходимых для интерпретации (оценки) результатов ученика и в зависимости от этого дальнейшей навигации по учебному курсу. Ниже предлагается один из методов автоматизации этого процесса, который можно применить, например, для автоматизации задач профессионального обучения.

В данном случае и учителями, и учениками являются сотрудники одного и того же крупного предприятия, использующие компьютер в своей деятельности. Цель метода состоит в такой формализации опыта наиболее квалифицированных специалистов, которая может быть в дальнейшем использована в компьютерной системе для обучения остальных сотрудников. Идея решения состоит в том, чтобы, наблюдая за повседневной работой специалистов-«учителей», автоматически выделить классы решаемых ими задач $t(x_1, \ldots, x_n)$, где t — тип задачи, $x_1, \ldots, x_n$ — её параметры. Для каждого типа задачи запомнить, как её решал «учитель». Возможно, будет несколько вариантов её решения $s_1(t)(x_1, \ldots, x_n), \ldots, s_r(t)(x_1, \ldots, x_n)$. Ориентированный граф $S(t)$, составленный из этих решений, и будет использован компьютерной системой при обучении сотрудников-«учеников».

Для этого на рабочих местах «учителей» должна быть установлена система, осуществляющая слежение за их повседневными действиями. Система фиксирует, какими программами пользуется «учитель», какие действия совершает, работая с каждой из них, какую информацию он ищет и как осуществляет этот поиск, а также запоминает историю переходов по гиперссылкам Интернета или внутренней сети. Эта информация протоколируется и затем анализируется. Задачи этого анализа следующие:

1) выделить множество A_0 элементарных действий. Примером элементарного действия может служить, например, формулировка запроса к базе данных;
2) разбить множество элементарных действий на классы эквивалентности. Так, например, в один класс попадают все запросы к одной и той же базе данных, имеющие одинаковый синтаксис и различающиеся лишь параметрами. После того как каждый класс эквивалентности описан в виде множества $\{f(b_{1,1}, \ldots, b_{1,k}), \ldots, f(b_{m,1}, \ldots, b_{m,k})\}$, где f — тип действия,

$b_{i,j}$ — параметры действия, строится функция $f(x_1, \ldots, x_k)$. Область определения переменных x_i, вообще говоря, множество произвольных строк. Таким образом, значениями функции f являются элементарные действия, причём не обязательно из множества A_0 запротоколированных элементарных действий, а из некоторого универсального множества элементарных действий $A \supset A_0$, определяемого как объединение множеств значений всех функций f, соответствующих классам эквивалентности. Эти функции f, в отличие от элементарных действий, мы будем называть действиями-функциями или просто действиями. Здесь следует подчеркнуть, что этот переход от элементарных действий к действиям-функциям имеет принципиальное значение, так как именно он позволит в дальнейшем использовать в качестве обучающего материала не только задачи, уже решённые «учителем», но и новые: например, реальные задачи, возникающие перед «учеником» в процессе работы;

3) описанное выше отношение эквивалентности на множестве элементарных действий естественным образом индуцирует отношение эквивалентности на множестве A_0^* запротоколированных последовательностей элементарных действий. Выделенные таким образом классы последовательностей назовём примерами решения задач. Заменив в примере элементарные действия $f_i(b_{i,1}, \ldots, b_{i,k})$ на соответствующие им действия-функции $f_i(x_1, \ldots, x_k)$, получим решение задачи: последовательность действий $s = \big(f_1(x_{1,1}, \ldots, x_{1,K_1}), \ldots, f_m(x_{m,1}, \ldots, x_{m,K_m})\big)$. После этого необходимо произвести отождествление всех переменных $x_{i,j}$ и $x_{p,q}$, для которых в исходном примере решения задачи совпадали параметры элементарных действий: $b_{i,j} = b_{p,q}$. Переменные, оставшиеся в решении задачи после этого отождествления, назовём параметрами задачи;
4) в описанном выше множестве решений задач выделяются те, которые встречаются неоднократно. Эти, наиболее типичные, решения и будут служить учебным материалом при создании курса. Каждому типичному решению ставится в соответствие имя задачи t. Эта работа делается автором курса вручную, при этом, возможно, нескольким различным решениям будет поставлено в соответствие одно и то же имя задачи. В таком случае эти решения назовём вариантами решения задачи t, из них склеиванием идентичных подпоследовательностей строится (ориентированный) граф решения задачи $S(t)$. Если вариант решения является единственным, то он также задаёт граф $S(t)$ естественным образом;
5) анализируя множества задач, решаемых каждым из «учителей», следует выделить там подмножества, часто встречающиеся вместе. Эти подмножества определяют виды работ, как правило соответствующие набору должностных обязанностей сотрудника, как «учителя», так и «ученика». Иногда в этих подмножествах возможно выделить последовательности задач, образующие задачу более высокого уровня, или макрозадачу. Как правило, макрозадача характеризуется тем, что последовательно решаются задачи,

некоторые из параметров которых имеют равные значения. Выявленная таким образом структура на множестве задач определяет структуру учебного курса: его главы соответствуют различным видам работ и макрозадачам, а иерархия верхнего уровня определяется множеством типов сотрудников (наборов должностных обязанностей);

6) анализ вариантов решений, выбранных каждым из «учителей» при решении одной и той же задачи или макрозадачи, позволяет выделить типы сотрудников, определяемые уровнем квалификации и другими индивидуальными особенностями (предпочтения, стиль работы и т. п.). С помощью этой классификации обучающая система может отнести ученика к одному из типов и в дальнейшем использовать эту информацию для индивидуализации процесса обучения;
7) иногда удаётся выявить взаимодействия между сотрудниками, одновременную или последовательную работу нескольких сотрудников над одними данными (решение задач с одинаковыми значениями параметров). Эта информация может быть использована при подготовке групповых практических занятий.

После того как структура учебного курса окончательно определена (что, конечно, требует вмешательства автора курса), происходит наполнение его конкретным учебным материалом. Этот процесс также может быть в значительной степени (или даже полностью) автоматизирован. Учебный материал подбирается либо из готовых примеров решения задач, либо, при обучении без отрыва от производства, формируется из параметров реальных задач, решаемых «учеником» в ходе повседневной работы. Для определения типа решаемой «учеником» реальной задачи и её параметров используется тот же метод, что и для анализа протокола работы «учителя».

Более того, анализ протокола повседневной работы «ученика» открывает возможность использования обучающей системы в качестве интеллектуального помощника при решении реальных задач:

1) по текущим действиям сотрудника определяется вид работы, выполняемой им в настоящее время (задача или макрозадача), и стадия выполнения;
2) анализируется опыт сотрудников этого и похожих типов, ранее решавших подобные задачи. Выбирается один или несколько предпочтительных вариантов решения задачи, как правило с использованием опыта наиболее квалифицированных сотрудников;
3) на основании выбранного варианта решения и параметров задачи вычисляется один или несколько рекомендуемых вариантов следующего действия и его параметры;
4) сотруднику предоставляется выбор следующего действия из списка, упорядоченного по степени предпочтительности;
5) если выявлено взаимодействие сотрудников по этому виду работ, принимаются в расчёт действия всех сотрудников, выполняющих взаимосвязанные работы, и рекомендации выдаются им согласованно.

Используемая таким образом система предоставляет возможность эффективно вносить изменения в технологический процесс всего предприятия. Для этого достаточно зарегистрироваться в системе со специальным статусом «руководитель» и один раз совершить или промоделировать рекомендуемую последовательность действий.

В настоящее время авторами в рамках международного проекта «IDEA» проектируется система, использующая описанный метод формализации экспертных знаний.

5. Формализация процесса обучения на основе системы взаимодействующих автоматов

Процесс обучения представляется в виде двух взаимодействующих автоматных моделей: модели управляемого $\mathbf{A}_0$ (ученик) и модели управляющего $\mathbf{A}$ (обучающая программа — учитель). Выходом $\mathbf{D}$ автомата $\mathbf{A}$ и входом автомата $\mathbf{A}_0$ является учебный материал: упражнения, пояснения, справочные материалы и т. п. Выходом $\mathbf{B}$ автомата $\mathbf{A}_0$ и входом автомата $\mathbf{A}$ являются события, произошедшие в процессе обучения.

Задача обучающей программы (управляющего автомата $\mathbf{A}$) — управлять с помощью выхода $\mathbf{D}$ автоматом $\mathbf{A}_0$ таким образом, чтобы за минимальное время привести его в заданное состояние (достичь заданного учебного результата). Другим вариантом постановки задачи может быть достижение максимального результата за заданное время. Формально это может быть описано как минимизация числа ошибок в выходе $\mathbf{B}$ автомата $\mathbf{A}_0$ на некотором отрезке времени $\mathbf{T}_{\mathrm{fin}}$, завершающем процесс обучения.

Эта задача управления может быть разбита на следующие подзадачи:

1) предъявление ученику учебного материала, накопление результатов урока;
2) составление протокола обучения, хранящего в сжатой форме историю всех событий выхода $\mathbf{B}$ автомата $\mathbf{A}_0$. Составление на основании протокола обучения моделей ученика (определение типа ученика) и учебной ситуации;
3) анализ ситуации: определение действий, которые целесообразно предпринять в данной учебной ситуации для данного типа ученика;
4) подбор подходящей учебной стратегии;
5) составление плана следующего урока: наполнение выбранной стратегии учебным материалом.

В соответствии с этим автомат $\mathbf{A}$ может быть представлен в виде суперпозиции автоматов $\mathbf{A}_1$—$\mathbf{A}_5$, как это показано на рис. 5.

Автомат $\mathbf{A}_1$ представляет собой преобразователь входов $\mathbf{B}_5$ и $\mathbf{B}$ в выходы $\mathbf{D}$ и $\mathbf{B}_1$ соответственно. В простейшем случае это может быть автомат с одним состоянием.

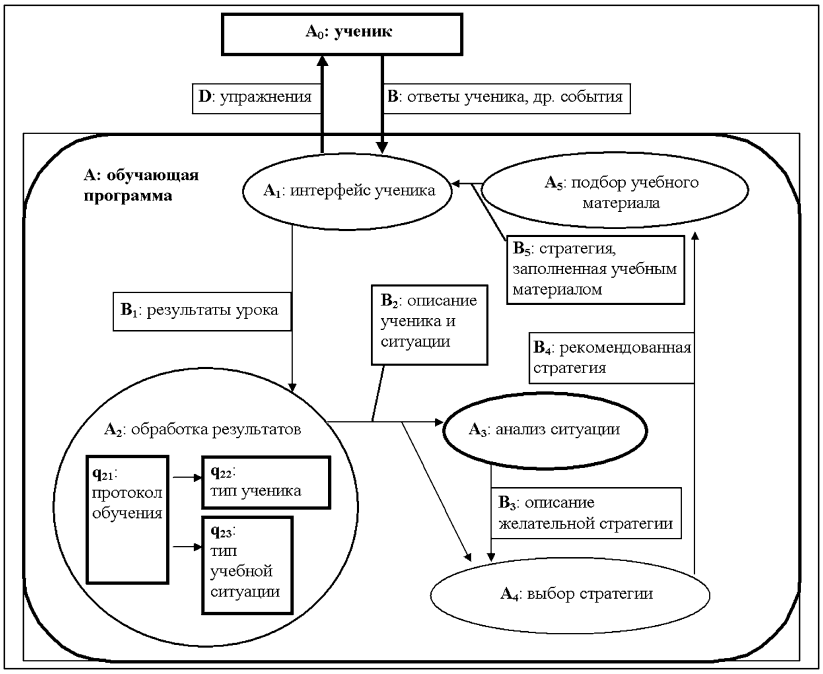

Рис. 5

Множество состояний автомата $\mathbf{A}_2$ — декартово произведение множеств $\mathbf{Q}_{21}$, $\mathbf{Q}_{22}$ и $\mathbf{Q}_{23}$, описывающих соответственно протокол обучения, модель ученика и модель учебной ситуации. Для описания (потенциально неограниченной) истории событий элементами конечного множества $\mathbf{Q}_{21}$ целесообразно кодирование динамики события $\mathbf{E}$ на протяжении всего обучения тройкой $\mathbf{C_E} = (\mathbf{F_E}, \mathbf{N_E}, \mathbf{R_E})$, где $\mathbf{F_E}$ — тип кривой, описывающий динамику частоты события на интервале элементами конечного алфавита; $\mathbf{N_E}$ — длина кривой, определяющая отношение длины протокола к запланированному времени обучения $\mathbf{T}_0$ (очевидно, что длина кривой, представляющая собой вещественное число из интервала $[0, \mathbf{T}_{\max}/\mathbf{T}_0]$, может быть с некоторой точностью описана элементом конечного множества); $\mathbf{R_E}$ — вес кривой (как и длина кривой, вес может кодироваться элементами конечного множества). Таким образом, компонента $\mathbf{q}_{21}$ состояния автомата $\mathbf{A}_2$ есть набор $(\mathbf{C}_{\mathbf{E}_1}, \ldots, \mathbf{C}_{\mathbf{E}_k})$ для всех протоколируемых событий $\mathbf{E}_i$. Более подробный протокол обучения может быть получен, если хранить тройки $\mathbf{C}_{\mathbf{E}_i}(\mathbf{I}_j)$ для нескольких наиболее важных интервалов $\mathbf{I}_j$: учебная цель, урок, а также временны́х интервалов (сегодняшнее занятие, последний час и т. п.). По входу $\mathbf{B}_1(t)$ и текущему состоянию $\mathbf{q}_{21}(t)$ автомат $\mathbf{A}_2$ вычисляет своё новое состояние $\mathbf{q}_{21}(t+1)$, если необходимо, уточняет тип ученика $\mathbf{q}_{22}$ и учебной ситуации $\mathbf{q}_{23}$.

Автомат $\mathbf{A}_3$ занимает центральное место в схеме автомата $\mathbf{A}$. Его задача — принять решение о действиях, которые целесообразно предпринять в данной учебной ситуации (предложить дополнительные упражнения, повторение, возврат к началу темы и т. п.). Для решения этой задачи возможно применение системы продукций, в левой части которых находятся условия на значения входа $\mathbf{B}_2$, а в правой — значения выхода $\mathbf{B}_3$. Однако на практике построение такой системы продукций представляет собой существенную трудность для автора учебного курса, не обладающего, как правило, навыками такого рода. Поэтому более предпочтительным оказывается другое, менее трудоёмкое для автора курса решение. Для этого принимается гипотеза о том, что автомат $\mathbf{A}_0$ представляет собой вероятностный автомат из определённого класса $\mathbf{M}$. Диаграмма Мура автомата $\mathbf{A}_0$ приведена на рис. 6.

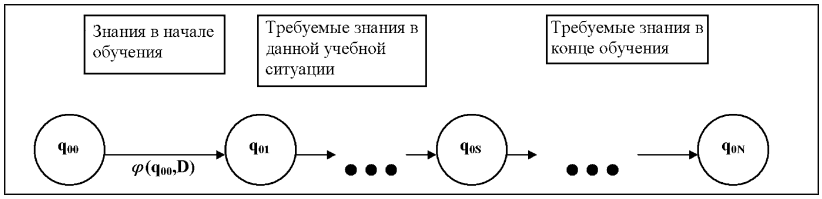

Рис. 6

В зависимости от своего состояния $\mathbf{q}_{21}$ автомат $\mathbf{A}_2$ относит $\mathbf{A}_0$ к некоторому подклассу $\mathbf{M}_i$ класса $\mathbf{M}$; этот подкласс $\mathbf{M}_i$ и представляет собой тип ученика. Характеристиками подкласса $\mathbf{M}_i$ являются длина цепочки состояний, функция перехода $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{q}, \mathbf{D})$, определяющая вероятность перехода в следующее состояние при значении $\mathbf{D}$ входа автомата $\mathbf{A}_0$, и функция выхода $\boldsymbol{\psi}(\mathbf{q}, \mathbf{D}, \mathbf{E})$, определяющая вероятность события $\mathbf{E}$ в состоянии $\mathbf{q}$ при значении входа $\mathbf{D}$. Зная значение $\mathbf{M}_i$, автомат $\mathbf{A}_3$ может спланировать последовательность действий, переводящих $\mathbf{A}_0$ в состояние $\mathbf{q}_{0S}$, желательное для данной учебной ситуации. Если предположить, что функция $\boldsymbol{\psi}$ линейно зависит от сложности $\mathbf{L}(\mathbf{D})$ упражнения $\mathbf{D}$, $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{q}, \mathbf{D}) = \sum \mathbf{a}_i \boldsymbol{\psi}(\mathbf{q}, \mathbf{D}, \mathbf{E}_i)$, то подкласс $\mathbf{M}_i$ будет задаваться несколькими параметрами: длиной $\mathbf{N}$ цепочки состояний и коэффициентами линейных функций $\boldsymbol{\varphi}$ и $\boldsymbol{\psi}$. Таким образом, автору курса достаточно определить набор типов учеников и описать, какое состояние $\mathbf{q}_{0S}$ является желательным на каждом этапе обучения. После этого автомат $\mathbf{A}_2$ может решать задачу отнесения $\mathbf{A}_0$ к определённому подклассу $\mathbf{M}_i$ и определения его текущего состояния $\mathbf{q}_{0i}$, а автомат $\mathbf{A}_3$ может спланировать последовательность действий, переводящих $\mathbf{A}_0$ в требуемое состояние $\mathbf{q}_{0S}$.

Автомат $\mathbf{A}_4$ представляет собой базу данных учебных стратегий, для которой вход $(\mathbf{B}_2, \mathbf{B}_3)$ является запросом, а выход $\mathbf{B}_4$ — результатом обработки этого запроса. Аналогично автомат $\mathbf{A}_5$ может быть описан как база данных учебного материала, задача которой — подобрать материал, отвечающий запросу $\mathbf{B}_4$. Чтобы избежать ситуации, когда $\mathbf{A}_4$ и $\mathbf{A}_5$ не могут найти данных, удовлетворяющих

запросам, следует представлять $\mathbf{B}_3$ и $\mathbf{B}_4$ как упорядоченные наборы запросов $(\mathbf{B}_{30}, \ldots, \mathbf{B}_{3S})$ и $(\mathbf{B}_{40}, \ldots, \mathbf{B}_{4L})$ и если запрос $\mathbf{B}_{30}$ не может быть удовлетворён, удовлетворяется запрос $\mathbf{B}_{31}$ и т. д. Более сложная модель может включать в себя обратную связь между автоматами $\mathbf{A}_4$ и $\mathbf{A}_3$, а также $\mathbf{A}_5$ и $\mathbf{A}_3$. Тогда, если запрос $(\mathbf{B}_2, \mathbf{B}_3)$ или $\mathbf{B}_4$ не может быть удовлетворён, автомат $\mathbf{A}_3$ предлагает другой вариант действий $\mathbf{B'}_3$.

Приведённый выше формальный фрагмент модели позволяет описывать и строить компьютерные обучающие системы общего вида на основе автоматных моделей. В некоторых случаях бывает удобно разработать свою модель для отдельных компонент учебного процесса, а затем встроить её в уже функционирующую систему. Мы приведём некоторое описание рекомендаций для выработки стратегий управляющим автоматом (экспертной системой) для тестовой компоненты обучения.

6. Синтез автоматной модели тестовой компоненты обучения

Итак, имеется тестовый набор вопросов, понимаемых достаточно широко: это могут быть тексты, картинки и т. д., допускающие в конечном итоге ответы типа «да» и «нет», необходимо описать возможные стратегии обучения ученика в зависимости от качества его ответов, времени реакции на ответ и т. д. Будем исходить из того, что количество вопросов «достаточно большое» и число вопросов N кратно трём. Объяснение такому выбору будет дано ниже, но вообще следует заметить, что тест не должен быть очень длинным, а наличие большого числа делителей N позволяет разбивать тест на кратные целому куски, которые можно анализировать и сравнивать для выработки следующего шага стратегии обучения. В нашем случае исходим из того, что число N может принимать значения из множества $\{9, 18, 27\}$. Далее будем использовать словосочетание «текст на экране монитора», понимая под этим любую символьную информацию на нём, чтение такого текста означает ознакомление с ним и общее понимание задания. Это необходимо для учёта фактора времени при прохождении тестового задания. Для разработки соответствующей шкалы потребуется величина $\mathrm{T}_{\text{экс}}$ (экспертное время): это время, необходимое ученику данного типа для ознакомления с текстом на экране и понимания общего смысла задания. Эта величина либо задаётся экспертом, либо вычисляется перед началом работы с учеником путём предъявления ему нескольких экранов и вычисления средней взвешенной суммы временны́х интервалов, соответствующих разности моментов времени между предъявлением текста на экране и нажатием кнопки клавиатуры, подтверждающей завершение процесса чтения. Эта величина может быть увеличена на среднее время выполнения задания (зависит от типа упражнений и задаётся экспертом). Оценка времени работы ученика с материалом на экране компьютера рассчитывается по лингвистической шкале, приведённой на рис. 7, где

Δ — число, также задаваемое экспертом, которое позволяет ученику «слегка» отклоняться от точных числовых значений этой шкалы при прохождении курса.

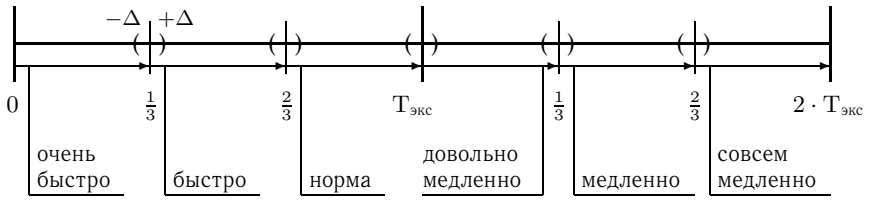

Рис. 7

Далее мы исходим из того, что количество тестов N в задании кратно трём. В простейшем случае тест понимается как набор вопросов, оцениваемых по шкале да/нет (справился с упражнением или нет). В зависимости от количества ошибок ученика предлагается следующий набор реакций обучающей системы.

1. Ошибок меньше $\frac{1}{3}N \pm \Delta$ — успешное прохождение теста, ученику предоставляется возможность быстрого просмотра ошибочных ответов, возможен (один) возврат в контрольную точку теста, разрешается движение дальше по обучающему материалу.
2. Ошибок больше $\frac{1}{3}N \pm \Delta$, но меньше $\frac{5}{12}N \pm \Delta$ — среднее качество прохождения теста, необходим возврат на неправильные ответы (возможно с фиксированной скоростью просмотра), число возвратов в контрольную точку не более двух. При третьем возврате в контрольную точку ученик отсылается на учебный материал и только после его изучения повторяется тест.
3. Ошибок больше $\frac{5}{12}N \pm \Delta$ — неудачное прохождение теста, предполагается обязательный возврат на неправильные ответы с экспертным временем на просмотр и числом возвратов в контрольную точку не более одного раза. При повторном возврате в контрольную точку ученик отсылается на учебный материал и только после его изучения происходит повторное выполнение теста.

Контрольные точки теста (одна или несколько) — это набор вопросов, повторяющих предыдущие вопросы, на которые был дан неправильный ответ, в изменённой форме. Эти точки как бы дают ученику возможность исправить ошибки, допущенные по невнимательности, из-за мелких упущений и т. д. Кроме того, они дают возможность ученику улучшить общий суммарный балл при прохождении всего теста. Величина $\frac{5}{12}$ есть среднее арифметическое между $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{2}$, её введение позволяет несколько отделить поведение ученика, который слабо знает учебный материал, но ведёт себя осмысленно, от «случайного» поведения, когда, например, ответы выбираются произвольно. Заметим, что значение величины Δ, вообще говоря, зависит от длины теста N; определяем область её значений как множество $\{0, 1, 2\}$, интерпретируя это как возможность «простить» одну или

Таблица 1.

Интервал Количество ошибок M	очень быстро — быстро	норма — довольно медленно	медленно — совсем медленно
$M \leqslant$ $\leqslant \frac{1}{3}N \pm \Delta$	Дальнейшее продвижение по курсу. Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате в контрольные точки возможен выбор быстрого или экспертного времени на просмотр. Возможна замена экспертного времени на реально затраченное.	Дальнейшее движение по курсу с экспертным временем. Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате даётся экспертное время.	Дальнейшее продвижение по курсу. Число возвратов в контрольные точки не более двух. При возврате даётся возможность медленного просмотра. Возможна замена экспертного времени на реально затраченное.
$\frac{1}{3}N \pm \Delta \leqslant$ $\leqslant M \leqslant$ $\leqslant \frac{5}{12}N \pm \Delta$	Число возвратов в контрольные точки не более двух. При возврате даётся возможность выбора быстрого прохождения или прохождения с экспертным временем.	Число возвратов в контрольные точки не более двух. При возврате даётся экспертное время. При возврате на материал также даётся экспертное время.	Число возвратов в контрольные точки не более трёх. При возврате даётся возможность выбора медленного или экспертного времени. При возврате на учебный материал также даётся возможность выбора медленного или экспертного времени.
$M \geqslant$ $\geqslant \frac{5}{12}N \pm \Delta$	Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате даётся экспертное время. При возврате на учебный материал даётся время, заведомо большее, чем экспертное.	Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате даётся экспертное время. При возврате на учебный материал также даётся экспертное время.	Число возвратов в контрольные точки не более трёх, есть возможность окончания занятия без учёта результатов последнего теста. Возможна замена экспертного времени на реально затраченное. При возвратах в контрольные точки даётся экспертное время. При возврате на учебный материал даётся возможность выбора медленного или экспертного времени.

две ошибки при прохождении теста. Естественно, что если тест короткий, то Δ может быть равным 0 или 1, а если тест более длинный, то Δ может принимать значение 2. Этот приём позволяет также разнообразить поведение обучающей системы. Сочетание двух факторов (скорости прохождения материала и количества ошибок) позволяет дать простейшие рекомендации для учёта их в событиях экспертной системы, вырабатывающих стратегии обучения (табл. 1). В таблице 1 экспертное время соответствует той временно́й шкале, о которой мы говорили выше, а термины «реально затраченное время» и «медленное время» означают, что ученику даётся возможность изменить время работы с экраном (в сторону уменьшения или увеличения) или не учитывать фактор времени («медленное время»).

Почему количество экранов (упражнений) в тесте берётся кратным трём? Здесь полагается, что разбиение учебного материала на фрагменты из трёх задач и анализ качества их решения даёт возможность локальной оценки для изменения дальнейшей стратегии обучения и позволяет достичь этого без трудного перебора возможных реакций на последующие действия ученика. Кроме этого, мы предполагаем, что каждая задача имеет три или более вариантов, которые более или менее равнозначны. На рис. 8 приведён один из возможных фрагментов дерева решений, служащего основой для синтеза управляющего обучением автомата («учителя»). В нём в кружочке стоит номер задачи и один из её вариантов (в данном примере взяты три задачи, каждая из которых имеет два варианта, *а* и *б*), каждый квадратик означает пошаговый разбор задачи, листья дерева с номерами означают соответствующие комментарии для ученика с оценкой качества пройденного пути (решённых задач). Кроме того, знак «+» или «−» на соответствующих ветвях означает решение или нерешение соответствующей задачи.

Более сложная и расширенная по своим возможностям тестовая компонента обучения была реализована Лю Юном в [8]. Дело в том, что при изучении китайского письма необходимо достаточно быстро овладеть несколькими тысячами иероглифов, каждый из которых представляет собой сложноструктурированный объект, а само множество иероглифов с трудом поддаётся типологизации. Фактически речь идёт о «запоминании» нескольких тысяч двумерных и достаточно абстрактных образов, имеющих иерархическое строение, в которых базовые элементы могут располагаться достаточно произвольно. Элементы обучения в виде жёсткого тренинга на распознавание, произношение (включая тоны), запоминание и значение являются существенными компонентами процесса овладения китайской письменностью. Для моделирования этого процесса использовались различные модели, в том числе и модифицированные (в сторону большей гибкости и интеллектуализации поведения обучающей системы) модели Б. Скиннера и Н. Краудера, переведённые на язык взаимодействующих между собой конечных автоматов. Ниже мы излагаем процесс моделирования процесса обучения на основе языка конечных автоматов для тестовой компоненты обучения, более подробное развитие которого для адаптации модели к типу ученика, скорости запоминания (забывания) им материала и пр. можно найти в [8].

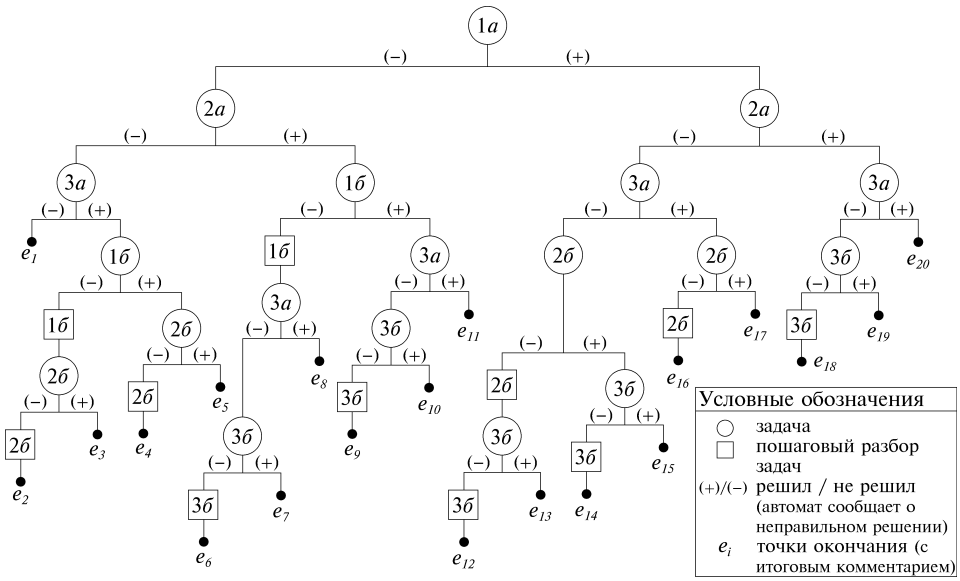

Рис. 8. Автомат для трёх задач (используется не более двух вариантов задачи)

Выше отмечалось, что в системах обучения нового поколения, кроме специальным образом организованного учебного материала, появились также блоки ученика и учителя (рис. 9), т. е. в них налицо моделирование всех трёх основных компонент учебного процесса: ученика, учителя и пространства их взаимодействия.

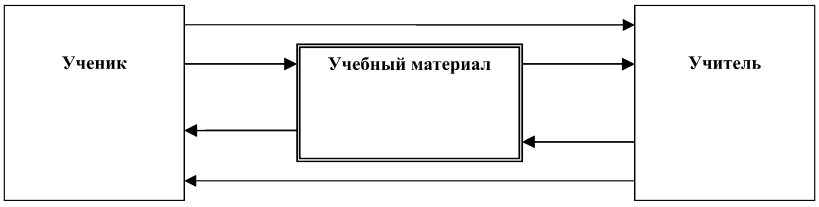

Рис. 9. Схема взаимодействия компонент процесса обучения

Для большей реалистичности модели на стрелках следовало бы поставить элементы временной задержки. Варьируя время задержек, мы будем получать различные типы учебного процесса: например, заочное обучение характеризуется большим временем взаимодействия между учеником и учителем, в хорошо организованном процессе дистанционного обучения это время существенно меньше, чем при заочном обучении, однако много больше, чем при обычном обучении и т. д.

Кроме того, если мы хотим иметь модель более или менее адекватно описывающую реальный процесс обучения, следовало бы учесть изменение внутренних состояний объектов-компонент обучения. Бихевиористскую модель можно кратко описать формулой $S{-}R$ (стимул—реакция), к ней, кстати, и относятся первые модели Б. Скиннера и Н. Краудера. Более адекватной реальному процессу обучения является модель Холла, описываемая формулой $S{-}Q{-}R$ (стимул—состояние—реакция). Под состоянием в этой модели понимаются внутренние свойства системы (организма), которые изменяются под воздействием стимулов, прошлого опыта и пр. Фактически эта модель допускает описание её в виде абстрактного автомата $\langle S, Q, R, \varphi, \psi\rangle$, где функции $\varphi\colon S \times Q \to Q$, $\psi\colon S \times Q \to R$ задают изменение состояния модели и, соответственно, её реакцию под воздействием стимула. Варьируя способы задания этих функций, мы будем получать разные модели поведения. Например, модель типа $S{-}R$ есть частный случай предыдущего описания $\langle S, Q, R, \varphi, \psi\rangle$, где $Q = \{q\}$ — множество, содержащее одно состояние, $\varphi\colon S \times q \to q$, $\psi\colon S \times q \to R$ (т. е. автомат с одним состоянием), другой моделью поведения будет автомат состояний $\langle S, Q, R, \varphi, \psi\rangle$, действие которого определяется только состоянием, в котором он находится: $\varphi\colon S \times Q \to Q$, $\psi\colon Q \to R$, и т. д. Сказанное выше позволяет выбрать в качестве аппарата формализации процесса обучения язык абстрактных автоматов, а сам процесс моделирования обучения описывать как процесс взаимодействия таких автоматов во времени.

Модель обучения Н. Краудера устроена в целом так же, как модель Б. Скиннера, разница только в количестве реакций на ответ ученика (правильный ответ, неточный ответ, неправильный ответ), а по сути она имеет такой же линейный характер в смысле стратегии обучения. При такой модели обучения главным является то, насколько логически связан материал обучения. Это важно с точки зрения методики обучения: когда надо разрешать переход к следующей порции обучающего материала. С точки зрения теории обучения Б. Скиннера надо добиваться, чтобы на каждом шаге ученик получил правильный ответ, поэтому порции обучающего материала настолько малы, что рано или поздно ученик найдёт правильный ответ. Неявно предполагается (мы находим это предположение весьма далеким от реальности), что после правильного ответа ученик помнит всю свою историю обучения (т. е. не забывает практически ничего из правильно полученных ответов), так как возврат к ранее пройденному материалу или отсылка к нему в такой модели не предусмотрена. Иными словами, модель обучения по Б. Скиннеру можно представить в виде длинной цепи вопросов, причём переход по цепи возможен только при правильном ответе (рис. 10).

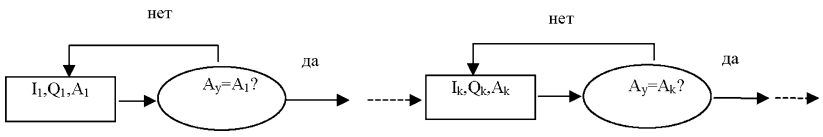

Рис. 10. A_i $(i = 1, 2, \ldots)$ — правильные ответы, A_y — ответ ученика

Модель Н. Краудера оперирует более крупными порциями обучающего материала, чтобы избежать утраты общих целей обучения, которые зачастую теряются в модели Б. Скиннера из-за длинной цепи маленьких упражнений, однако (если мы говорим об интеллектуальной системе обучения) возникает много вопросов: например, после какого количества ошибочных упражнений следует вернуть ученика к повтору уже проделанных упражнений? Ответ на этот вопрос уже не прост и не поддаётся чисто количественной оценке, он зависит, в частности, и от того, насколько логически связан материал, какого рода ошибки возникают в процессе обучения и каковы причины их возникновения.

Тем не менее Н. Краудер положил начало развитию направления программированного обучения, основанного на использовании так называемых разветвлённых программ (рис. 11). Если для успешного обучения по программам Скиннера предполагалось, что обучаемый должен давать по крайней мере 95 % правильных ответов, то при использовании программ Н. Краудера допускался меньший процент. Н. Краудер предложил увеличить порции информации I_1, I_2 с двух-трёх строк (как было у Б. Скиннера) до примерно половины страницы. Типовая ситуация (задание) у Н. Краудера состояла из вопроса Q и трёх вариантов ответов: A_1 — правильный ответ, A_2 — неточный ответ, A_3 — неправильный ответ. При неточном ответе учащийся отправлялся к корректирующей информации C, при неправильном ему давалось разъяснение, помощь H. При правильном ответе учащийся получал положительное подкрепление $(+)$ и переходил к следующей дозе информации I_2. Таким образом, схема разветвлённого программирования имела три пути: для сильных, средних и слабых учащихся.

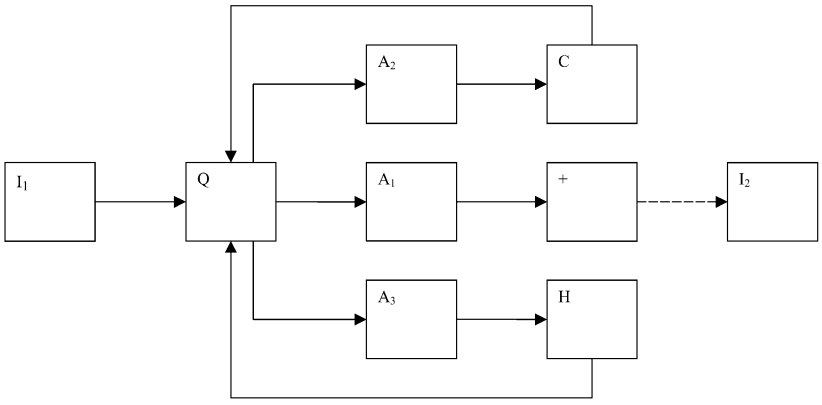

Рис. 11. Схема разветвлённого программирования

Обе эти модели обучения достаточно легко формализуются на языке теории конечных автоматов [5], который мы будем использовать для моделирования всех компонент учебного процесса. Выбор такого языка описания определяется его богатой логической выразительностью, естественной динамикой во времени,

а также возможностью явно описывать на уровне взаимодействующих автоматных схем сам процесс обучения.

Мы возьмём для простоты изложения модель обучения Б. Скиннера и синтезируем соответствующие автоматы: среду, ученика, учителя.

Выходом автомата-среды здесь и далее является набор $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \in \in I_i \times Q_i \times N_{\text{п}} \times N_{\text{пп}}$, где I_i (как и выше) есть i-я порция обучающего материала, Q_i — набор вопросов, связанных с i-й порцией обучающего материала (предполагается только один правильный ответ), $N_{\text{п}}$ — номер правильного ответа из набора Q_i, $N_{\text{пп}}$ — количество попыток ученика при предъявлении ему списка вопросов (мы ограничиваемся тремя попытками). Входом автомата-среды является $x(t) \in \{0, 1\}$, $t = 0, 1, 2, \ldots$, константа 0 означает правильный ответ, а константа 1 — неправильный ответ ученика в момент $t + 1$ (после получения в момент t порции обучающего материала $I_t \times Q_t$).

Фрагмент автомата-среды приведён на рис. 12, его можно продолжать в зависимости от длины (количества порций) обучающего материала.

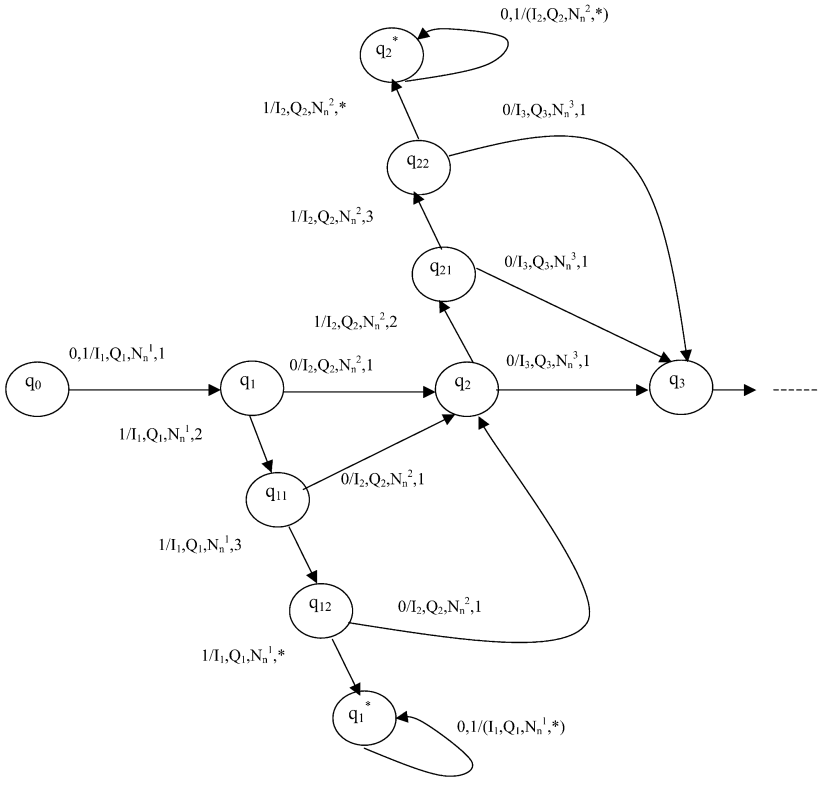

Рис. 12. Автомат-среда

Цепочка переходов по состояниям $q_0, q_1, q_2, \ldots$ соответствует правильным ответам, а цепочки q_{11}, q_{12}, q_{13}, и q_{21}, q_{22}, q_{23}, ассоциированные с q_1 и с q_2, соответствуют ошибочным ответам (напомним, что мы ограничились тремя попытками на каждом шаге обучения). Состояния q_1^* и q_2^* — особые состояния, далее (в процессе синтеза автомата-учителя) мы их доопределим.

Поскольку в этой модели мы не анализируем смысловое содержание обучающей информации I_i, то далее будем обозначать пару $I_i \times Q_i$ (информация — список вопросов) просто числовым её номером, который вычисляется по конкретной паре $(i, j) \in I_i \times Q_i$ материала. Это делается для упрощения изложения и наглядности представления.

Автомат-ученик структурно имеет тот же вид, что и автомат-среда, отличаясь от него только количеством входов. Его входы — это правильный (0) или неправильный (1) ответ на предыдущий вопрос, номер порции нового материала, количество попыток ответа; выход автомата — некое число $N_{\text{у}}^i$ из списка номеров Q_i (рис. 13).

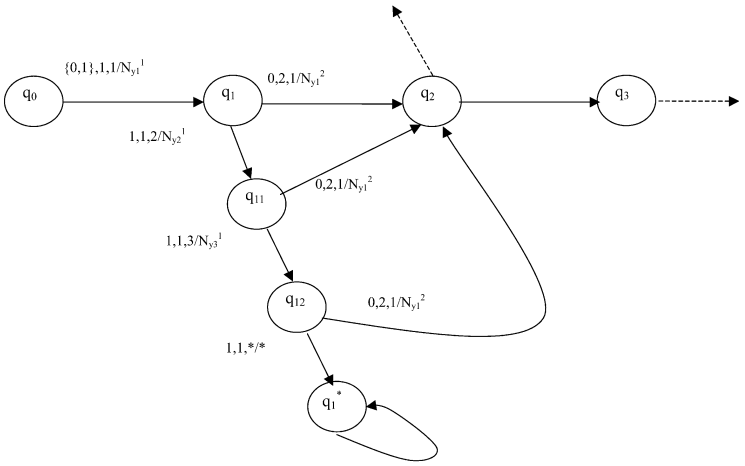

Рис. 13. Автомат-ученик

В модели Б. Скиннера автомат-учитель выступает в роли регистратора событий. В принципе в этой модели он и не нужен, достаточно реакций среды. Для того чтобы замкнуть модель, достаточно убрать состояния q_{i3}^* ($i = 1 \div k$, здесь k — длина истории обучения) из автомата-среды и автомата-ученика. Поскольку мы имеем не более трёх вопросов в каждом Q_i, порядок вопросов не меняется ($i = 1 \div k$) и один ответ всегда правильный (это условие обучения, ученик должен найти правильный ответ), то достаточно следующей схемы взаимодействия (рис. 14). $З_0$ — нулевая задержка (стартовый шаг обучения, выдача первой порции учебного материала), $\oplus$ — аналог сумматора по $\mathrm{mod}\,2$ (ответ на следующем шаге поступает в среду и далее возникает взаимодействие среды и ученика).

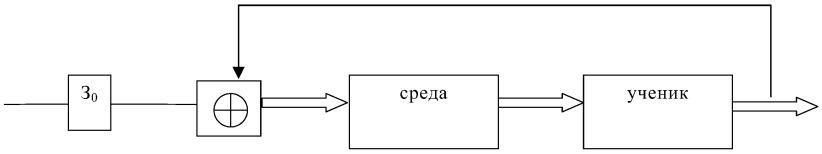

Рис. 14

Для сохранения общности картины обучения и возможностей её дальнейшего расширения мы приведём структуру автомата-учителя, который регистрирует ошибки и попытки автомата-ученика. Его входами являются номер порции обучающего материала, количество попыток, ответ ученика (0 — правильный ответ, 1 — неправильный ответ, $*$ — превышено количество попыток, упражнение не засчитывается).

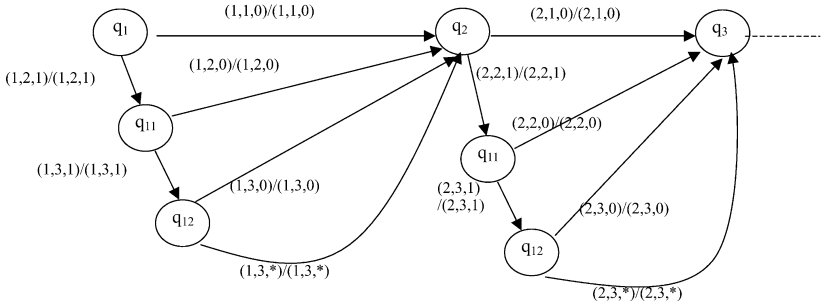

Рис. 15. Автомат-учитель

Автомат-учитель «регистрирует» историю обучения автомата-ученика: его выходы повторяют значения входов, история обучения описывается набором троек (номер порции материала i, номер попытки $N_{\text{п}}$, ответ ученика).

Для корректного взаимодействия среды, ученика и учителя состояния q_i^* (среда и ученик) надо доопределить так же, как в автомате-учителе: направить стрелку из q_i^* в q_{i+1}, сохранив выходные отметки, т. е. произошла ошибка, упражнение не засчитывается, но переход к следующему упражнению разрешён (рис. 16).

Собственно процесс обучения здесь целиком зависит от стратегии выбора ответа автомата-ученика и от устройства среды. Тем не менее эти автоматы позволяют смоделировать разные типы поведения ученика.

1. «Лобовая» тактика: $N^i_{\text{y}i} = N^i_{\text{y}1}$ — выбор только первого ответа.
2. «Диагональная» тактика: $N^i_{\text{y}i} = N^i_{\text{y}n}$, $i \equiv n \pmod 3$ — в первой порции обучающего материала выбирается первый ответ, во второй — второй ответ, в третьей — третий ответ, далее всё повторяется.

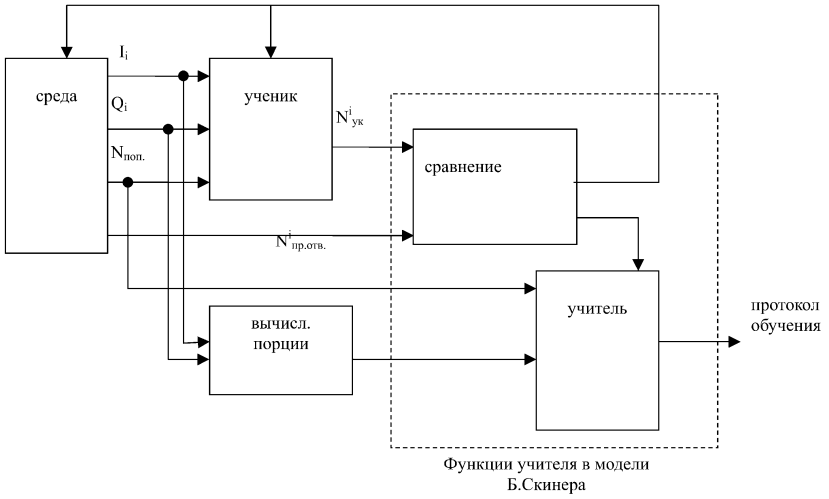

Рис. 16

3. Последовательный перебор: $N^i_{\text{у}} = N^i_{\text{у}1}$, если неверно $N^i_{\text{у}2}$; если неверны первые два ответа, выбирается $N^i_{\text{у}3}$.
4. «Смешанная» тактика: на первом шаге выбирается второй ответ, на втором шаге — третий ответ, на третьем шаге выбирается первый ответ. Далее может быть и иной порядок выбора ответа.
5. Случайный выбор: $N^i_{\text{у}} = k$, k — случайное число из множества номеров ответов, в нашем случае из $\{1, 2, 3\}$. Здесь добавляется датчик случайных чисел.

Модели такого типа позволяют определить тип реального ученика, если сравнивать истории их обучения с поведением моделирующих автоматов.

Кроме того, возможно «обращение» этой модели взаимодействия автомата-среды $A_{\text{с}}$ и автомата-ученика $A_{\text{у}}$, т. е. она интерпретируется как тестирование качества обучающего материала при заданном типе ученика. Каждому упражнению приписывается экспертное время его выполнения T_i, отслеживается реальное время t_i взаимодействия автоматов на каждом типе упражнения (например, до достижения положительного результата), а затем производится перерасчёт этого времени взаимодействия в единицы измерения, соответствующие экспертному времени. Сравнение результатов (при заданном типе ученика) помогут выявить слабые или, наоборот, трудные места в обучающем материале на основе изучения пересчитанного времени взаимодействия автоматов $A_{\text{с}}$ и $A_{\text{у}}$. Используя эту идею, по-видимому, можно строить и более изощрённые методики оценки качества обучающего материала, в которых можно будет оценивать достаточность запаса различных типов (и количества) упражнений в случае

смешанных типов учеников, вариабельность обучающего материала в заданных типах упражнений и т. д.

Аналогичным, но более громоздким способом описывается в терминах взаимодействующих автоматов и модель Н. Краудера.

Приведённые выше примеры формализаций являются инструментами математического моделирования процесса обучения, которые получают дальнейшее своё развитие в рамках формализованных алгоритмов и программного инструментария для компьютерного моделирования реальных процессов обучения.

7. Использование невербальных средств коммуникации на примере тестовой компоненты обучения

В условиях, когда компьютерные технологии (включая компьютерные системы обучения) становятся доступными постоянно расширяющемуся кругу людей, на первый план выходит проблема создания новых стандартов человеко-машинного интерфейса, приближающих программные средства коммуникации к естественным для человека средствам. В этом плане одним из наиболее перспективных направлений представляется разработка моделей компьютерного диалога с элементами интеллектуального интерфейса, использующего как естественный язык, так и невербальные методы коммуникации. Применение невербальных языковых средств (в первую очередь, визуально воспринимаемых) в специализированных программных (в том числе обучающих) средах позволяет повысить эффективность их использования, а усовершенствованный таким образом компьютерный диалог расширяет сигнализационные возможности интерфейса как количественно, так и качественно, привлекая к процессу усвоения информации такие механизмы человеческого мышления, как, например, восприятие и распознавание образов. Интеграция невербальных компонент коммуникации в человеко-машинный интерфейс позволяет повысить скорость и полноту усвоения информации пользователем, что особенно важно для таких классов программного обеспечения, как коммуникационные программы, операционные системы, обучающие, развивающие и справочные системы. По этой тематике был опубликован ряд работ (см., например, [12,14,15]). Некоторые идеи и их реализации описываются ниже.

Одна из распространённых процедур 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 определённом 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 определённые, достаточно жёсткие 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, его персональными особенностями.

Сегодня реализация обмена текстовой информацией между обучаемым и обучающей системой не представляет никаких трудностей, а развитие компьютерных обучающих систем сместилось в сторону создания интерактивных интеллектуальных программ, управляющих учебным процессом в зависимости от успехов ученика, и разработки новых диалоговых средств, основанных на работе с мультимедийной информацией. Если, как отмечалось выше, экспертная система моделирует логику действий учителя по организации учебного процесса, то различные диалоговые средства представления информации ученику призваны смоделировать коммуникативные действия учителя. Здесь можно и нужно широко использовать богатые возможности современных компьютеров по представлению мультимедийной информации. Это может быть графика с анимацией, аудио-, видеоэффекты и т. д. Именно здесь проблематика автоматизации обучения и создания интеллектуального мультиязычного человеко-машинного интерфейса имеют общие точки соприкосновения.

В обучающих системах 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 разработки новых диалоговых средств и создания образа учителя является моделирование мимической сигнализации человека как эффективного средства передачи информации от обучающей системы к обучаемому. Однако задача моделирования мимики лица человека на компьютере является очень сложной. Тем не менее удалось разработать специальные словари перевода мимики и эмоционально окрашенных слов друг в друга, построить модель взаимодействия эмоциональных реакций и механизмы их отображения в графические образы, получаемые из трансформаций лица человека, заданного его статической фотографией в виде файла в формате JPEG [15].

Описанная выше автоматная модель тестовой компоненты обучения получила соответствующий технологический компьютерный инструментарий, позволяющий синтезировать её на основе специальным образом размеченного текстового файла в формате RTF, что требует от преподавателя только написания текстов вопросов, ответов на них, указания правильных подмножеств ответов и комментариев к выбранным учеником ответам. Затем этот файл с помощью разработанной Е. Тимофеевым программы «Utest» превращается в графический интерфейс взаимодействия с учеником, в котором в зависимости от успехов ученика в прохождении теста вместо балльной оценки в режиме обучения по-

казывалась реакция системы в виде набора эмоций лица, выбранного учеником в качестве графического образа учителя. Конечно, в итоге ученик мог просмотреть протокол прохождения им тестов, в котором имеется оценка его успехов, выраженная и в числовом выражении.

Разработка обучающих систем и специализированных обучающих сред настоятельно требует использования мультиязычных интерфейсов, необходимых для создания психологической атмосферы проведения полноценного коммуникативного акта в ходе компьютерного диалога. К дополнительным языковым интерфейсным средствам, которые можно применить для решения этой задачи, следует отнести визуализируемую с помощью графических средств компьютера мимику, фигуру человека, подающего посредством жестов определённые сигналы пользователю, цветовую и звуковую реакцию на значимые события, музыкальное оформление и др.

Кроме того, для более полного усвоения информации, передаваемой системой пользователю, необходимо сочетание сразу нескольких языковых средств: в общем случае оптимальной видится комбинация текстового вывода на экран, голосового дублирования с интонационными вариациями и дополнительными звуковыми сигналами, характерными для человека, и графической иллюстрации информации на специальном графическом языке. Вывод текста должен осуществляться с учётом естественности комбинации цветов текста и фона (обрамления, других диалоговых компонент). Для голосового дублирования можно использовать синтезатор речи или создать определённый набор фраз в аудиофайлах, подобный набору системных сообщений и предназначенный для реагирования на определённые события. В последнем случае можно использовать интонацию для корректировки смысла сообщений. Наконец, графическая иллюстрация может содержать статичные, заранее приготовленные изображения, видеоролики, динамически генерируемые картинки; это может быть иллюстрация некоторой ситуации, а может и сообщение на каком-либо невербальном языке.

Что касается собственно обучающей системы, то при включении в неё 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, а через некоторое время даже может начать вызывать раздражение. Свою негативную роль может сыграть и явление, которое называется «эффект человека за спиной»: когда чьё-то лицо постоянно смотрит на обучаемого с экрана, это только мешает ему работать. Таким образом, после вывода той или иной мимической экспрессии на экран, должно происходить снятие картинки, замена её каким-либо нейтральным изображением; как альтернативный вариант можно, например, предложить закрывать глаза изображения «учителя» или отводить его взгляд на время между значимыми событиями.

По возможности необходимо сохранять правдоподобное изображение лица в процессе его визуализации. Кроме того, что сами эмоциональные экспрес-

сии должны соответствовать естественным трансформациям человеческого лица, должен присутствовать и соответствующий феномену мимики антураж:

1) если изображение задерживается на экране хотя бы несколько секунд, следует включать мигание глаз, что будет играть на эффект одушевления «учителя»;
2) изменения лицевых объектов должны происходить плавно, резкая смена выражения лица выглядела бы неестественной;
3) для уменьшения монотонности стимулов необходимо проработать систему случайных (в некоторых разумных пределах) изменений лица как в моменты реагирования на значимые события, так и в промежутках между ними.

Предпочтительно разнообразие эмоциональных экспрессий, подразумевающее и их взаимозаменяемость в некоторых случаях. Логичным видится наличие нескольких шкал, определяющих силу конкретных эмоций и включающих как положительное, так и отрицательное их проявление. 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 дать обучаемому возможность выбирать портрет или несколько портретов из некоторого предлагаемого ему системой набора для их использования в мимической системе. 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. Эту задачу следует возложить на отдельную программу, позволяющую заранее подготовить набор персонажей для мимической системы и служебную разметку компонент изображения (глаза, брови, нос, рот и т. д.).

Мимическая сигнализация не должна быть жёстко увязана с отдельными значимыми событиями в учебном процессе. Поскольку ставится целью реализовать в обучающей системе принципы мультиязычного интеллектуального интерфейса, нужно предусмотреть влияние уже произошедших событий на формирование новых экспрессий. В простейшем случае такой подход реализуется по схеме учёта внутренней мотивации эмоциональной реакции. Однако желательно учитывать и содержательную сторону предшествовавших событий, чтобы наиболее точно отразить отношение «учителя» к сложившейся на определённый момент процесса обучения ситуации.

В современные обучающие программы разработчики с бóльшим или меньшим успехом пытаются закладывать функцию учёта индивидуальных особен-

ностей учеников. Мимическая сигнализация также могла бы моделироваться с учётом таких возможностей обучающей системы. В этом случае возможно создание нескольких моделей поведения мимической системы в зависимости от учитываемых параметров обучаемого.

Для более дифференцированного обозначения степени правильности ответов следует использовать так называемые веса ответов. Вес ответа — это число на некоторой заданной шкале: например, чем меньше вес — тем менее правильный ответ. При вводе ответов пользователем для их оценки возможен подход с применением классификации правильных и неправильных ответов в обучающем диалоге.

Классификация неправильных ответов:

1) нулевой ответ: такой ответ, в котором отсутствует какая-либо информация;
2) тривиально неправильный ответ: ответ, содержащий информацию, не имеющую никакого отношения к поставленному вопросу;
3) нетривиально неправильный ответ: ответ, который содержит информацию, соотносящуюся с поставленным вопросом, но она не может быть оценена как правильный ответ;
4) ответ смешанного типа: и тривиально, и нетривиально неправильный.

Классификация правильных ответов:

1) ответ нулевой избыточности: ответ, который содержит только запрашиваемую в вопросе тему;
2) нетривиально избыточный ответ: развёрнутый ответ, который содержит, кроме темы, также и тему вопроса;
3) тривиально избыточный ответ: развёрнутый ответ, который, кроме темы, содержит дополнительную информацию, не имевшуюся в вопросе, но имеющую к вопросу какое-либо смысловое отношение;
4) ответ смешанного типа: и тривиально, и нетривиально правильный.

Программа «UTest» позволяет находиться в одном из трёх режимов реагирования на значимые события.

1. Лицо постоянно находится на экране (при этом используется эффект мигания глаз) и реагирует с помощью мимики на успехи пользователя (пункт главного меню «Мимика/Постоянно на экране»). Трансформации в этом режиме происходят плавно (реализуется эффект анимации), начиная от исходного состояния лица через промежуточные состояния к конечному, которое, собственно, и необходимо воспроизвести. Для достижения эффекта анимации программа инициирует цикл от нуля до числа, соответствующего значению силы визуализируемой эмоции. На каждом шаге цикла формируется и выводится на экран промежуточное состояние, быстро сменяющееся последующим.
2. Пункт главного меню «Мимика/Всплывающее лицо» реализует временное (на 5 секунд) появление лица с актуальной в данный момент мимикой

на экране, когда пользователь выбирает вариант ответа и когда формируется общая оценка прохождения теста. В этом режиме не предусмотрена плавная трансформация мимики, поэтому он более быстрый, чем первый режим. Данный режим устанавливается сразу после загрузки профайла с данными о координатах лицевых объектов.

3. Инициализирующийся по умолчанию режим не предусматривает вообще мимических реакций («Мимика/Без лица»). На экран выводится текст комментария к тому или иному вопросу или, в случае отсутствия комментария, сообщение о правильности или неправильности ответа. Оценка прохождения теста даётся в этом режиме только после завершения тестирования в жёстком (последовательном) режиме.

В системе «UTest» предусмотрена десятибалльная система оценивания правильности ответов: 0 — совершенно неверный ответ, 9 — абсолютно правильный ответ. Соответствующие значения весов ответов помещаются в текст его составителем для каждого варианта ответа. При ответе на отдельный вопрос, данный ответ мимически оценивается по эмоциональной шкале «горе—радость» («огорчение—удовольствие»). Если вес ответа больше 4, задействуется положительный отрезок шкалы, соответствующий проявлению удовольствия/радости. В противном случае задействуется отрицательный отрезок шкалы, соответствующий проявлению огорчения/горя. Сила эмоции (переменная a) в первом случае задаётся формулой

$$a = 3 \cdot (b - 4),$$

где b — вес ответа. Во втором случае формула выглядит следующим образом:

$$a = 3 \cdot (5 - b) + 2.$$

В данном случае на эмоциональной шкале имеется «мёртвая зона», условно (имеется в виду отрицательный знак, символизирующий отрицательную эмоцию в случае огорчения) от -5 до 3 (значения эмоционального заряда), чтобы избежать при формировании оценки наиболее нейтрального выражения лица. Поэтому при формировании теста следует учитывать, что разница между весами оценки со значениями 4 и 5 гораздо значительнее, чем, например, между значениями 5 и 6.

Система предусматривает возможность мимического оценивания не только отдельных ответов, но и результатов прохождения групп вопросов. Такая возможность реализуется в жёстком (последовательном) режиме тестирования: при переходе от последнего вопроса в разделе к новому разделу происходит оценивание ответов на все ранее пройденные вопросы по эмоциональной шкале «недовольство—восторг». При этом учитывается только первая попытка ответить на конкретный вопрос, чтобы отразить реальные знания пользователя.

При естественном завершении тестирования в жёстком режиме (когда пройдены все вопросы) формируется и выводится на экран отчёт о прохождении теста. В нём указываются все разделы и вопросы с оценкой за каждый из них

(если ответ был дан). В случае когда текущий режим оценивания предполагает вывод мимических реакций, выводится и соответствующая итоговой оценке (формируемой по пятибалльной шкале) мимическая конструкция с использованием эмоциональной шкалы «недовольство—восторг».

Такая система показывает хорошие результаты, и эту тематику, на наш взгляд, следует активно изучать и создавать модели, которые должны быть частью как обучающих программ, так и образовательных сред.

8. Информационно-познавательные и образовательные среды

Данный раздел отражает опыт работ по выработке концепции и практической реализации таких сред, проводившихся в Российском государственном гуманитарном университете авторами статьи с 1996 по 2005 гг. Инициатором и научным руководителем этих работ в РГГУ был ректор, а затем президент РГГУ профессор Ю. Н. Афанасьев. Фактически это был первый проект использования современных информационных технологий для образовательных целей в гуманитарном университете, поэтому ниже описывается опыт работы именно этого университета по указанной в заголовке раздела тематике.

РГГУ начинал работу в области создания новой университетской образовательной среды не на пустом месте: с одной стороны, в РГГУ был привнесён опыт создания компьютерного инструментария в виде готовых к использованию версий программы «IDEA Professional», предоставленный МНЦ КИТ, с другой стороны, в РГГУ нарабатывался собственный опыт создания мультимедийных и дистанционных средств обучения в Центре компьютерных технологий обучения РГГУ. В диалоге с разработчиками таких систем, преподавателями и руководством университета возникло осознание масштабности задачи, появлялись постановки конкретных задач.

Тогда нам казалось, что суть решения в следующем: имея готовый компьютерный инструмент, который облегчал и существенно ускорял создание мультимедийных обучающих курсов, мы будем создавать с помощью преподавателей предметных дисциплин (экспертов) качественный обучающий материал, будем разрабатывать экспертные обучающие системы и т. д. «IDEA Professional» позволяла без перепрограммирования основного курса удалять куски, вставлять новые, добавлять и обновлять информацию, расширять наборы правил экспертных систем и пр. Курсы можно было бы легко тиражировать в электронном виде, цена их была бы намного дешевле книг, к тому же эти курсы можно было использовать для задач дистанционного обучения, организуя взаимодействие участников образовательного процесса через Интернет.

С 1997 г. и по 2002 г. РГГУ и МНЦ КИТ создали 15 дисков (некоторые из них упомянуты выше в настоящей статье). Часть из них была протиражирована, а часть доведена до мастер-диска, готового для тиражирования, но по разным

причинам не запущенного в тираж. Всё это можно было дальше развивать, создать много красивых и содержательных мультимедийных курсов с достаточно развитой системой упражнений (тем более что была уже разработана типология наиболее распространённых упражнений), далее сделать некую навигацию между этими курсами и всё это назвать новой образовательной средой.

Это было возможно, но возникал вопрос финансирования первоначального этапа разработок. Предыдущий опыт создания таких мультимедийных продуктов показал, что даже в объёме одного факультета университет не в состоянии был финансировать самостоятельно работы такого масштаба, а брать кредит под перспективу коммерциализации этого проекта казалось весьма рискованным решением. С другой стороны, постепенно возникало понимание, что на самом деле описанная выше перспектива создания образовательной среды — это перекладывание в значительной мере старого содержания на электронный лад. Тому были и реальные подтверждения, возникшие при анализе как учебного материала, предложенного для создания мультимедийных курсов, так и при работе с преподавателями, ведущими занятия по конкретным предметам. Отметим сразу, что никакой «вины» преподавателей здесь не было. Культура экранного представления учебного материала возникала не сразу, а путём экспериментов и уточнения постановок образовательных задач в процессе совместного диалога преподавателей и разработчиков, что оказалось достаточно длительным процессом. Это был необходимый этап, который университету надо было пройти. Одновременно в университете отрабатывалась технология создания дистанционного образования на основе инструментальной среды «IDEA Professional», и опять возникла проблема затраты/качество, осложнявшаяся отсутствием преподавателей, которые были бы заняты постоянным консультированием через Интернет обучающихся. Без этого сама идея дистанционного образования (да ещё в таких слабоформализованных областях, как гуманитарные науки) копировала бы худшие черты советского заочного образования. Последствия для студентов не нуждаются в комментариях; в конечном итоге качество выпускников имело бы тенденцию к ухудшению, и система дистанционного образования выродилась бы в замаскированный процесс продажи дипломов.

Однако такой путь разработок университету всё-таки надо было пройти, чтобы понять, как это делается, какие требуются затраты и что это в итоге даёт. Примерно в 2000 году возникла уже острая необходимость понять и проанализировать, чего, собственно, не хватает в современном образовании, почему в общественное сознание настойчиво внедряется задача реформирования образования и т. д. То, что предлагалось руководителями образовательной системы РФ в то время в виде проектов, а сейчас воплощается в жизнь в виде «реформы образования», было лишь изменением организационных форм, а речь шла о сути и смысле как реформ, так и их последствий, на эти вопросы внятного ответа не прозвучало ни от инициаторов реформ, ни от продолжателей их дела.

В первую очередь возникал вопрос содержания образования и целей, которых мы хотим достичь. Анализ различных источников и материалов привёл нас к выводу об утрате в современной России (да и значительной части европейского

образовательного пространства) важной части образовательного процесса — общего образования — и замене его специальным образованием. Это, собственно, не ново: мысли о пагубной роли узкой специализации высказывались многими авторами, начиная от античности и до наших дней, на эту тему была собрана целая коллекция работ, однако следствие из проведённого анализа этих работ оказалось удивительным: проблема есть, сотни лет её ставят, соглашаются, что проблема существует, а решения её нет! Ориентируясь на все более специализирующиеся разделы современной науки как поставщика образовательной информации, высшее образование стало специальным, т. е. им развивались аналитические функции человека, и одновременно система подготовки специалистов не способствовала (если не сказать резче) развитию у них синтетических функций. Это сказано не в укор существующему специальному образованию. Оно прекрасно справляется со своей задачей подготовки специалистов и решения важных научных и прикладных задач, и именно к нему, на наш взгляд, относятся высказывания о том, что советское образование было лучшим в мире (и в этом мало кто сомневается, особенно из числа тех, кто прошёл ступени этого образования по техническим и естественно-научным областям знания). Труднее было учёным-гуманитариям: резко суженное поле научных исследований, ограниченное рамками господствующей тогда в стране идеологии, не способствовало появлению широко мыслящих людей, озабоченных вопросами общего бытия, системными задачами построения нового общества, направленного на достижение общего блага и пр. К тому же удары, нанесённый культурному слою общества в результате коренного изменения строя начиная с 20-х годов прошлого века, нанесли невосполнимые утраты культуре российского общества и существенно замедлили её дальнейшее развитие. Был искусственно создан разрыв между историей и культурой России дореволюционного периода и последующего этапа её существования. Фактически гуманитарная культура загонялась в рамки материалистического взгляда на природу и общество середины—конца XIX века. Только в последнее десятилетие мы начали широко открывать для самих себя и осваивать бесценное культурное наследие дореволюционной России, а также культурное наследие, созданное интеллигенцией в русском зарубежье. Если подвести итог сказанному, то у большинства наших современников, получивших лучшее в мире специальное образование (сказано без иронии), практически напрочь отсутствовала гуманитарная (в широком смысле) компонента образования, позволяющая выходить за рамки идеологических шор и мыслить самостоятельно и системно. Не следует обольщаться по поводу современного гуманитарного образования: оно такое же специальное, как и остальное (негуманитарное) образование. Поэтому разбавление учебных планов гуманитарными предметами не превращает основанное на них высшее образование во что-то новое или в хорошо забытое «старое» общее образование, смещаются лишь акценты специализации.

Собственно говоря, здесь и надо искать ответ на один навязчивый и ехидный вопрос, возникающий в дискуссиях в разных контекстах: как же люди с самым лучшим в мире образованием допустили развал собственной страны, «голосуя

сердцем», когда надо было голосовать умом, и ухитрились не увидеть разные, в том числе и весьма отличные от ожидаемых смыслы, скрытые за красивыми, но слишком размытыми словами типа «демократия», «рынок», «свобода» и пр., т. е. отдали организацию жизни общества людям, скрывавшим за камуфляжем пустых фраз и обещаний свои корыстные интересы и отнюдь не помышлявшим об общем благе. Не здесь ли фраза «Я в этом не специалист. . . » является признаком нежелания участия в деле организации собственного бытия, основанной на боязни осуждения со стороны так называемых «профессиональных управленцев»? Да и сейчас эти образованные люди не особо стремятся принять деятельное участие в организации общественного бытия, пассивно наблюдая за деятельностью власти, которая уже практически ликвидировала многие из общественных институтов, реально дававших возможности реализовать права на бесплатное образование, здравоохранение и пр. Что же, приходится пожинать и такие плоды узкой специализации!

Неужели по-настоящему образованные, самостоятельно мыслящие люди допустили бы то, что произошло в нашей стране в 1991 г.? Думается, что вряд ли! Если бы таких людей было достаточно много, то вполне возможно было бы выработать механизмы общественной самоорганизации в новых условиях и заставить власть прислушиваться к мнению социума о проблемах и путях их решения в интересах общества.

Отметим, что из сказанного не следует необходимость отмены, замены или разрушения современной системы высшего специального образования — это всё равно что плыть против бурного потока, вектор развития образования направлен в эту сторону уже в течение многих столетий. Вряд ли удастся и попытка возрождения существовавших ранее образовательных систем, дававших высшее образование, но не дававших узкой специальности (то, что, собственно, и было общим высшим образованием), именно это и составляло суть университетского образования. Речь идёт об эволюционной разработке дополнительной образовательной компоненты, которая, может быть, нужна была не всем, но по крайней мере предоставляла возможность получения иной познавательной информации, чем та, что даётся в стандартных курсах, любознательному студенту. Идея эта была оформлена в виде текстового документа, который назывался «Концепция универсальной компоненты образования». На этой основе было проведено несколько международных конференций в Голицыне (1997, 1999, 2000 гг.), и обсуждения предложенных идей и их критика со стороны участников конференций оказались полезными, поскольку позволили подвинуться к пониманию возможности создания нового образовательного инструмента, который мы стали называть новой университетской образовательной моделью. Возможно, здесь слово «новая» вызывает определённую реакцию отторжения, поскольку сразу возникает противопоставление «новое—старое», однако так вопрос раньше не ставился. Речь шла о том, чтобы за разумное время и разумными силами сделать элементы такой информационно-познавательной среды, в которой специальным образом организованная информация заставляет ученика «шевелить мозгами», а не просто запоминать с целью дальнейшего воспроизведения. Хо-

телось показать, как может функционировать такая среда, что она даёт нового для образовательных задач, и если действительно найденный путь верный, то эту модель можно продвигать и развивать, пытаясь привлечь в первую очередь государственные источники финансирования, поскольку задача содержательного реформирования образования, а не очередной его структурной перестройки, выходила бы на уровень национального инвестиционного образовательного проекта.

Главной компонентой такой среды является специальным образом отобранная и организованная познавательная информация с удобными для пользователя инструментами работы. Удобство здесь понимается в том смысле, что есть организационный инструментарий историка, лингвиста, социолога и т. д., которые вообще-то различны (хотя могут иметь и некоторое пересечение, например словарную поддержку), но среда должна предоставлять возможность работы с информацией на уровне инструментария специалиста-предметника и, кроме того, давать дополнительные возможности работы с информацией, поскольку в электронном виде можно реализовать иные возможности поиска, хранения и обработки, чем на уровне традиционного представления: в частности, возможны именованные ссылки, закладки, системы навигации и пр.

Хотелось бы отметить, что такая образовательная среда — это не Интернет и не часть Интернета в силу разных принципов их построения. Интернет — это информационно-поисковая среда, и строится она по принципу свободного размещения информации и организации свободного доступа к ней. Поисковые машины в Интернете устроены не для решения образовательных задач, а для поиска информации с определёнными ключевыми словами, поэтому часто то, что выдаётся в качестве ответа на запрос, не соответствует ожиданиям именно в силу большого объёма информации, релевантной поисковому запросу. Для примера можно привести фразу «Кто и когда впервые употребил фразу „научная революция XVII века“?», имеющую содержательный образовательный аспект, и попытаться найти через поисковые машины Интернета ответ на этот вопрос. Опыт показывает, что это весьма не просто! Поэтому в образовательной среде должно быть ограничение на размещение информационно-познавательных материалов (нужно ещё доказать, что новый материал ведёт к решению новых образовательных задач). Сами материалы среды и их фрагменты «прошиты» связями ассоциативного типа, которые должны заставлять задуматься о причине этой связи. В каком-то смысле это реализация идей В. Буша [18], причём это не просто гипертекст, а именно гипертекст, в котором связи тоже несут важную семантику, а не являются просто механизмом формальной информационной связи между материалами. Поиск информации в Интернете и в информационно-познавательной среде устроен по-разному. Для наполнения среды информация из Интернета, конечно, нужна, но её структурирование и включение в систему гиперссылок и связей должно базироваться на основе решаемой образовательной задачи (или задач).

В определённом смысле такая задача организации познавательной информации позволяет «воссоздать» в электронном виде фрагменты той мощной

инфраструктуры доступа к познавательной информации, которая была утрачена после развала СССР (библиотеки, издательства, библиотечные коллекторы, обязательный ассортиментный минимум, серии малотиражных изданий и т. д.), о чём, кстати, никто практически не говорит и не жалеет. Надо думать, что тот издательский мусор, выпускаемый в том числе и под грифом Министерства образования и науки, уже вполне «удовлетворяет» читательский спрос на научную и образовательную информацию. Отметим попутно мизерные современные тиражи научных книг: как правило, они не превышают 1000 экземпляров. Таким тиражом в СССР выпускались разве что очень «экзотические» монографии и сборники узкоспециальных работ, рассчитанных на небольшую научную аудиторию. Кстати, то, что даже такие мизерные по советским меркам тиражи расходятся сейчас годами, показывает ту степень деградации науки и образования, до которой они доведены так называемыми реформами.

Ну что ж, как говаривали древние, «каковы люди, таковы и обстоятельства». Вряд ли мизерные тиражи, издаваемые на копеечные, по сравнению с бывшим в советское время государственным финансированием издательской деятельности, гранты, могут заменить хотя бы в какой-то мере воздействие на научное знание и образование той мощной информационно-распределительной инфраструктуры, которая имелась в Советском Союзе. Восстановить её в полном объёме сейчас нереально, да и невозможно. Однако создать её электронные фрагменты по различным фундаментальным областям знания вполне реально.

Возникает очень много технических и содержательных проблем по созданию такой среды: это и вопросы безопасности, и вопросы эргономичного представления информации в электронном виде, проблемы архивации и хранения, проблемы коррекции гиперссылок и т. д. Однако есть одна главная проблема: какая информация несёт в себе познавательные аспекты, как она должна быть организована, кто принимает решение о включении познавательной информации в среду и пр. Ответы на эти и другие вопросы находятся в стадии детальной проработки, и ясно, что требуется нетривиальный набор решений по этой большой организационной и содержательной проблеме.

Если учесть масштабность задачи, речь, фактически, должна идти о государственном инвестиционном проекте в образовательной сфере, и первым шагом в его реализации должно стать тщательно проработанное техническое задание на проведение таких работ, определение головного исполнителя, этапов, сроков работ и т. д. Опыт университета показывает, что вузам вполне по силам создание эффективно работающих небольших коллективов преподавателей, разработчиков и программистов, которые при хорошем уровне координации проекта в состоянии решать поставленные задачи в обозримые сроки. Единственным условием участия в таких работах может быть принятие определённой идеологии разработки такой среды (включая и требования к познавательной ценности предоставляемых материалов), а также понимание смысла и целей этой работы.

Наконец, наиболее популярный вопрос, который возникает у наших оппонентов практически в любой дискуссии: дайте определение понятий «новая университетская образовательная модель», «новая информационно-познавательная

среда» и т. д. Вопросы, конечно, закономерные, но ответы на них в виде полного набора формально-аксиоматических определений дать сейчас невозможно, да и вряд ли имеет смысл делать это в будущем. Речь идёт о разработке реально работающей системы, в которой тесно переплетаются содержательные проблемы (например, какая информация является ценной с познавательной точки зрения? как организовывать такую информацию и откуда её брать?), технологические вопросы (например, какой компьютерный инструментарий нужен для работы со средой?), технические вопросы (например, на какой платформе это делать? Unix, Windows . . .) и др. Эти проблемы надо решать на основе выработанных критериев, которые могут с течением времени измениться хотя бы потому, что меняется технический и технологический базисы компьютерных систем, возникают новые возможности и т. д. Кроме того, в процессе самой работы над содержательными задачами создания такой информационно-познавательной среды возникают новые постановки задач, которые требуют критического переосмысления уже сделанного и нахождения новых решений. Трудно дать определение того, что пока ещё находится на стадии становления и к тому же имеет многоуровневый и разноплановый характер, пока далёкий какой-либо завершённости и достаточной ясности. Каждый раз при обсуждении вопросов создания среды или образовательной модели требуется уточнение, о каких аспектах этих проблем мы говорим. Существует концептуальный аспект, отражающий основные стратегии работ по этому направлению, который, кроме общих вопросов, имеет свои отдельные особенности, учитываемые, например, на уровне предметных гуманитарных областей знания. Кстати, это, пожалуй, вопрос, разработанный в университете наиболее полно, вплоть до уровня конкретных предметных областей (история, религиоведение, искусствоведение, математика и др.). Существует технологический аспект (форматы данных, структура гипермедиа, протоколы обмена информацией и т. д.), существует, наконец, технический аспект (комплектация рабочих мест, выбор программного обеспечения и т. д.). Эти аспекты создания среды частично проработаны, но для окончательного принятия решения необходима их увязка с концептуальной частью, размерами финансирования и т. д. Учитывая сказанное, можно дать некоторое общее определение, что же такое информационно-познавательная среда, однако, на наш взгляд, такие «научные» определения скорее запутывают смысл, чем его проясняют. Тем не менее определение можно сформулировать, например, следующим образом.

Информационно-познавательная среда — это высокотехнологичная, базирующаяся на современных компьютерных и информационных технологиях, разноуровневая многоязычная система накопления, организации и обработки познавательно-ценной информации, ориентированная на активизацию самостоятельного мышления её пользователей с помощью специального информационного инструментария работы с ней.

Укажем главные цели создания такой среды.

1. Быстрый доступ к источникам познавательной информации (через систему особым образом структурированных и именованных гиперссылок

на различные познавательные ресурсы, через специальный инструментарий поиска и т. д.). Это позволяет создать единое информационное поле преподавателя и ученика и тем самым лишить «информационного превосходства» преподавателя в процессе обучения. Игра на таком общем информационном поле меняет роль преподавателя: не надо повторять то, что ученик и так сможет прочитать, главной задачей преподавателя будет сделать так, чтобы ученик встроил прочитанное в свою модель проблемы.

2. Возможность как самостоятельного «открытия» нетривиальных связей между различными информационно-познавательными материалами среды, их фиксации и осмысления, так и имитация такого рода «открытия» через систему навигации среды. Здесь часто возникает вопрос об изощрённых манипуляциях, о неявном подталкивании к принятию одной точки зрения и т. д. Это было бы возможным, если бы среда была закрытой для пополнения информации или ограничивала информационное поле ученика. Как преподаватель, так и сам ученик могут расширить палитру мнений, моделей, источников и пр., чтобы увидеть (или показать) разноплановый, а порой и противоречивый характер проблемы, а значит, и поискать возможность иного синтеза своей модели проблемы. Именно на этом пути возникают естественным образом межпредметные связи, которые начинают работать в познавательном процессе в отличие от формальных ссылок на разные информационные куски из различных предметных областей, как это порой делается сейчас.
3. Разработка информационного инструментария работы со средой как общего, так и специализированного характера, на уровне предметных областей (инструментарий историка, инструментарий филолога, инструментарий искусствоведа и т. д.).
4. Фиксация результатов самостоятельной работы ученика (и работы преподавателя) со средой для последующего их анализа, обсуждения и выработки эффективных индивидуальных стратегий обучения.

Это не только умозрительные построения. В кандидатской диссертации Т. А. Беляевой «Интерактивная компьютерная модель информационно-познавательной среды» часть этих вопросов решена на уровне конкретного предметного материала по истории. В работе была выявлена специфика информационных технологий на современном этапе с точки зрения возможности их использования в образовательном процессе, проанализированы существующие образовательные технологии, включая особенности применения компьютеров для решения образовательных задач и существующие методы нелинейного представления информации (гипертекстовые структуры, экспертные системы и т. д.). Разработана модель информационно-познавательной системы, предложены форматы представления данных и инструментарий для работы с ней. Модель была доведена до программной реализации и была опробована на студентах и аспирантах, специализирующихся по истории. Она показала хорошие результаты и получила положительные отзывы преподавателей.

Мы хотим подчеркнуть, что у преподавателя теперь иная роль в учебном процессе: он организатор познавательно-ценной информации для среды, ненавязчивый наставник («тьютор»), а не единственный источник информации и её комментатор или толкователь. Многим это не нравится, отчасти из-за нежелания менять привычную схему работы, отчасти из-за непонимания проблемы необходимости создания отличной от ныне существующей модели образования (в дополнение к ныне действующей). Однако большинство интуитивно чувствует трудность решения задачи, поэтому старается избежать такого пути развития образовательной модели. Для преодоления этого необходимы новые организационные, юридические и финансовые механизмы поддержки таких работ, а время и наработанный опыт покажет, кто прав: мы или наши сегодняшние оппоненты.

Насколько же могут быть эффективны компьютерные средства обучения в данной задаче? Ответ на этот вопрос пока в целом открыт (несмотря на ряд обнадеживающих исследований в области теории интеллектуальных систем в этой сфере (см. [4, 7, 13, 16])), и необходимы серьёзные (междисциплинарные по своей сути) исследования по теории компьютерных обучающих систем и обучения в целом. Пока же такие системы и среды решают скорее другую задачу: задачу удовлетворения информационного голода, информационного любопытства. Они лишь помогают преподавателю переосмыслить содержание того, что он преподаёт, и могут существенно расширить информационный кругозор участников процесса обучения.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, грант № 06–01–00240.

Литература

[1] Афанасьев Ю. Н., Строгалов А. С., Шеховцов С. Г. Об универсальном знании и новой образовательной среде (к концепции универсальной компоненты образования). — М.: РГГУ, 1999.

[2] Афанасьев Ю. Н., Шеховцов С. Г. Путь университета: опыт рефлексии // Вузовская педагогика в информационном обществе. — М.: РГГУ, 1998. — С. 9—36.

[3] Бычков С. Н., Строгалов А. С., Шеховцов С. Г., Шикин Е. В. О тождестве фундаментального и гуманитарного // Материалы II Всероссийского геометрического семинара. Псков: Псковский гос. пед. ун-т, 18-19 мая 2001.

[4] Вашик К., Кудрявцев В. Б., Строгалов А. С. Проект «IDEA». Введение в новое поколение программного обеспечения типа ICBI для передачи знаний и навыков с помощью экспертной системы. — Dortmund: Link & Link Software GmbH, 1995.

[5] Кудрявцев В. Б., Алёшин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. — М.: Наука, 1985.

[6] Кудрявцев В. Б., Вашик К., Строгалов А. С., Алисейчик П. А., Перетрухин В. В. Компьютерная система обучения автоматного типа // Проблемы теоретической кибернетики. — М.: РГГУ, 1996. — С. 111.

[7] Кудрявцев В. Б., Вашик К., Строгалов А. С., Алисейчик П. А., Перетрухин В. В. Об автоматном моделировании процесса обучения // Дискрет. мат. — 1996. — Т. 8, № 4. — С. 3—10.

[8] Лю Юн. Компьютерная обучающая система китайской письменности: Дис.. . . канд. физ.-мат. наук. — М., 2006.

[9] Подколзин А. С. О формализации приёмов решения математических задач // Интеллект. сист. — 1998. — Т. 3, вып. 3-4. — С. 51—74.

[10] Строгалов А. С. Компьютерные обучающие системы: некоторые проблемы их разработок // Вузовская педагогика в информационном обществе. — М.: РГГУ, 1998. — С. 68–72.

[11] Строгалов А. С. Существует ли гуманитарный аспект математики? // Математика и общество. Математическое образование на рубеже веков. — М.: МНЦМО, 2000.

[12] Строгалов А. С., Тимофеев Е. В. Об интеллектуализации интерфейса обучающих программ // Интеллект. сист. — 1999. — Т. 4, вып. 3-4.

[13] Строгалов А. С., Шеховцов С. Г. Мышление, язык и интеллектуальное образование // Интеллект. сист. — 1998. — Т. 3, вып. 3-4. — С. 5—50.

[14] Тимофеев Е. В. Трансформация мимики произвольного человеческого лица для задач интеллектуального человеко-машинного интерфейса // Интеллект. сист. — 1999. — Т. 4, вып. 1-2.

[15] Тимофеев Е. В. Моделирование мимической компоненты обучающих информационных систем: Дис.. . . канд. физ.-мат. наук. — М., 2001.

[16] Тиффин Д., Раджасингам Л. Что такое виртуальное обучение // Информатика и образование. — М., 1999.

[17] Яковлев Н. Н. Преступившие грань. — М.: Международные отношения, 1975.

[18] Bush V. As we may think // Atlantic Monthly. — July 1945.