

Моделирование процесса обучения*

В. Б. Кудрявцев, П. А. Алисейчик, К. Вашик (Германия),
Ж. Кнап (Словения), А. С. Строгалов, С. Г. Шеховцов

Введение**

Проблемы создания эффективных систем обучения (в том числе и систем, базирующихся на современной компьютерной технике и компьютерных технологиях), равно как и создание новых форм и способов представления учебного материала, поиска новых педагогических приемов и средств преподавания особо обострились в последнее десятилетие XX века, по-видимому, в связи с началом глубокого общего кризиса национальных образовательных систем. В основе кризиса лежит тот самый «информационный бум», о котором давно говорили, однако эффект его был не так значителен, как после появления в массовом количестве персональных компьютеров, электронной почты и сети Интернет, что значительно увеличило объем доступной информации, качество и скорость работы с ней по сравнению с предшествующим периодом, когда основными носителями информации были бумага, кино-, фотоленка и пр. Вместе с тем цифровые технологии породили проблемы поиска нужной информации за «разумное» время в громадных базах данных современных информационных систем, что делает почти невозможным их применение в учебном процессе без предварительных настроек, создания специальных фильтров и систем поиска нужной информации для учебных и образовательных задач.

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

**Настоящая работа является расширенным вариантом статьи «Компьютерные системы обучения» (Интеллектуальные системы. Т. 8. Вып. 1-4. М., 2004).

Современный образовательный кризис носит глобальный характер, поскольку сейчас нет ни одной развитой страны мира, которая бы не пыталась поставить перед собой задачи изменения системы образования (а в ряде случаев предпринять и определенные действия) с целью повышения ее эффективности. Отражением этих мировых тенденций и попыткой выйти из этого кризиса путем заимствования (главным образом американского и частично западноевропейского) опыта 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 (естественнонаучные направления, гуманитарные и т. д.) на довузовском уровне, введение систем тестирования и единого государственного экзамена и т. д. В общем, очередные преобразования затрагивают отдельные и часто лишь формальные стороны образовательного процесса, а не суть его. Если оставить в стороне финансовую сторону образовательных процессов, 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 и за счет чего и, главное, почему вдруг эти цели становятся достижимыми, хотя еще на слуху у многих печальные итоги реформаторской деятельности в образовательной области в 60–70-х годах? В качестве примера такого рода прикрытия могут служить, например, широковещательные оптимистические заявления о том, что новые компьютерные и информационные технологии (в том числе сетевые) помогут преодолеть образовательный кризис. Серьезных 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» ...изучить широкое поле исследований в области методов 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. отчете РЭНД [9], однако, отмечалось, что «проведенные исследования не позволили обнаружить ничего, что значительно и явно сказалось бы на результатах обучения...» и далее «... вероятно, значительное улучшение результатов обучения может быть достигнуто лишь с применением совершенно иной системы образования». Здесь же [9] сообщается, что были проанализированы восемь основных докладов, посвященных проблемам образования в Америке (*это середина 80-х – начало 90-х годов XX века – прим. авторов*), и оказалось, что ни в одном из них не содержалось каких-либо серьезных предложений, и, хотя в них присутствовало признание необходимости 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.

В частности, 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 таят в себе 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, еще в 1958 г. президент США Джон Кеннеди говорил следующее [10]: «Мы в кризисе, и не русские спутники положили ему начало. Американский «Эксплорер» не положил ему конца. 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, причем 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 ведем мы сейчас, может быть выиграна или проиграна в школьных классах Америки. <...> Мы должны положить конец такому положению, когда только четверо из пяти наших лучших школьников оканчивают 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 идешь», тогда наши ученые будут заниматься только прикладными вопросами. Если вы презираете интеллигенцию, мешаете ученым и вознаграждаете только спортивные достижения, тогда наше будущее действительно мрачно». Это говорилось непосредственно перед принятием уникального закона «Об образовании в целях обороны», принятого США 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 еще одна характерная цитата [9]: «В 1983 г., когда Америка откатилась назад, были проанализированы причины потери ею конкурентоспособности на международной арене, которые, похоже, связаны были с системой образования. Национальный комитет усовершенствования образования (NSOIE) 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“». Думается, что эти цитаты заставляют, по крайней мере, задуматься над проблемой и последствиями принятых решений на этот счет.

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

В работах [1–5, 7–8] нами был дан частичный ответ на поставленные вопросы и отмечены причины, затрудняющие поиск решений. Отметим также, что несмотря на обилие различных компьютерных «образовательных» продуктов, это не привело ни к существенному повышению качества процесса обучения, ни к сокращению хотя бы его времени, ни к массовому их использованию в реальном образовательном процессе. В равном положении находится и идея «дистанционного» образования, если под этим не понимать 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, ибо реализация плохо продуманной идеи дистанционного образования даже на суперсовременной технике не только не улучшит качество образования, но и приведет 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), задачи интенсивного тренинга, задачи информационного обеспечения и наполнения учебного процесса и т. д.

Отметим одну парадоксальную ситуацию. Сейчас, наряду с учебниками и задачками, стало модным издавать сборники решений задач. Таким образом процесс обучения сводится к следующему. Ученик получает задание от учителя, по учебнику берет «решебник», находит нужную задачу, переписывает ее в тетрадь (либо запоминает), пересказывает учителю и получает оценку (то есть 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. Как раз бы можно и поощрить его за самостоятельную работу, если это не просто переписанные мелким почерком один к одному отрывки из учебников, хотя и простое переписывание несет важную функцию концентрации внимания и запоминания, а уж если отобрана лишь важная и нужная информация, то это ясно говорит об уровне понимания им, какие ответы ждет учитель от ученика.

Заметим, что косвенно эту точку зрения подтверждает замечательная компьютерная программа по решению математических задач в символьном виде, созданная профессором А.С. Подколзиным [6]. 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, приемов и способов решений математических задач. Кстати, эта программа еще может дать и пошаговые объяснения обоснованности применения правил в процессе решения задачи и, кроме того, она является обучаемой экспертом. Таким образом, компьютерный решатель математических задач проф. А.С. Подколзина демонстрирует возможность создания интеллектуальных систем, по своим воз-

возможностям сравнимых с интеллектом человека. Здесь возникает ряд очень важных вопросов, которые выходят за рамки статьи, но которые, по крайней мере, 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, соответственно, 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 [11–13], и надо думать, что не последнюю роль в процессе обучения играет предметное содержание изучаемых разделов. Об этой проблеме — о содержании образования — много говорят и дискутируют и особенно по проблеме соотношении гуманитарного и естественнонаучного знания. Грубо говоря, в настоящее время линия раздела проходит по количеству часов, отведенных на изучение математики, физики, химии и других предметов цикла естественнонаучных дисциплин в сравнении с предметами так называемого гуманитарного цикла (как правило, это те дисциплины, где нет математики, базирующейся на формализованных исчислениях). При этом мало кто задается глубоко вопросами типа:

- А что дает изучение той или иной дисциплины, в чем ее фундаментальный и общекультурный смысл?
- Существует ли предел базовых знаний, ниже которых невозможно объяснить смысл 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 о том, какой набор базовых знаний необходим, если говорить о новой образовательной модели, и как должен выглядеть их электронный образ? Анализ моделей и собственные разработки в образовательной области [1, 5, 7–8] позволяют сделать вывод, что простое отображение учебных материалов в электронном виде (в том числе методичек, тестов и т. д.) не слишком сильно добавляет в части эффективности образовательного процесса, зато весьма удорожает его, если учитывать затраты на создание и поддержание соответствующей инфраструктуры для электронной модели учебного процесса. Необходимо, например, наличие специально разработанных и тщательно продуманных образовательных трасс (систем навигации) по такого рода учебному материалу, что не решается на основе имеющихся стандартных сетевых средств, а требует специальных решений, если мы стремимся к достижению нового уровня качества образования. В частности, поэтому Internet 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 [1], мы перечислим некоторые из них.

- Оформление отдельных страниц экрана должно характеризоваться интуитивно понятным интерфейсом за счет применения графики, цвета, и пр.
- Должны быть предусмотрены многочисленные (в том числе и многоуровневые) разветвления обучающей программы, то есть

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), то есть 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.
- Должно быть многообразие вариаций в постановке заданий, разнообразные возможности взаимодействия с обучающей программой, как системный принцип ее построения.
- 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 также 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 еще 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) [1]. В нем предлагалось создание на основе автоматных моделей [3] моделей ученика и учителя, которые взаимодействуют между собой 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 — зав. кафедрой академик д.ф.-м.н. проф. Кудрявцев В.Б.) и Института русской и советской культуры Рурского университета (г. Бохум, Германия) (зам. директора института д-р 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. и включала в себя: авторскую систему (средства разработки собственно курсов), систему ученика (средства отображения на экран учебного материала) и средства для создания экспертной системы (ЭС) (оболочки ЭС). 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 ЭС, оказалась на тот момент невостребованной рынком образовательных услуг, и тем самым финансирование этих разработок было фирмой Link&Link GmbH прекращено, однако в течении 1993–1995 гг. продолжались научные исследования в этой области, финансируемые из программы «INTAS» (грант INTAS 94–0135), которые 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 продается 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 по сравнению с использованием какого-либо стандартного языка программирования. Упростить разработку простых в техническом отношении курсов до того, что сделать все может вообще не про-

граммист, а в случаях более сложных — облегчить работу программиста в несколько раз (как показал опыт разработки больших курсов, это 5-ти- и более- кратное сокращение затрат времени программиста).

Версия 1

Программа состояла из двух основных модулей — авторской системы и системы ученика (runtime), которая передается ученику вместе с готовым курсом и служит интерпретатором данных, подготовленных с помощью авторской системы.

Предопределенные типы упражнений

Автору предоставлялся набор предопределенных 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 — пояснения, справочная информация, словари и др.
- 4) Подготовка данных для экспертной системы — структура учебных целей, подготовка планов обучения, комментарии.
- 5) Подготовка упражнений — выбор одного из предопределенных 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 предоставлялось три режима обучения:

- 1) Свободная навигация по курсу, выполнение упражнений в произвольной последовательности.
- 2) Обучение по одному из заранее подготовленных автором планов: 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. Поэтому здесь 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 (где, 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 (тип 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:
 - случайные ошибки (опечатки, случайное нажатие кнопки «мышь» 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).
- 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 ЭС учитываются предыдущие результаты.

Для удобства задания автором правил ЭС 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, либо, 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 временных интервалов — сегодняшнее занятие, последний час и т. п.

Версия 2

Компоненты. Дизайнер страницы

Здесь была добавлена возможность самостоятельно разрабатывать новые типы упражнений, составляя их из predetermined компонентов (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 лишен 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 также содержать разветвления и циклы, управляемые скриптами.

Скрипты

Чтобы дать автору возможность создавать интерактивные упражнения, в версии 2 был добавлен интерпретатор скриптов. Автор мог сопоставить скрипт любому событию, произошедшему во время обучения, начиная с атомарных событий (нажатие мыши, ввод с

клавиатуры и т. п.), и заканчивая более сложными (ошибка определенного типа, переход к следующей главе. . .) 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 мультимедиа-возможностей Windows они становятся доступными и для использования в IDEA — новые графические, аудио- и видеоформаты, анимация и др.

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 1-й и 2-й версий: удобство использования стандартных форм ввода для предопределенных 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 определенных 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 другие форматы, поддерживающие SQL). Этот импорт может производиться как во время работы автора (чтобы затем дорабатывать упражнения уже с помощью авторской системы), так и непосредственно при работе

курса на компьютере ученика — это дает возможность динамически обновлять содержание курса.

Internet

Возможности Internet становятся доступными для использования в IDEA: появляются HTML- и e-mail-компоненты.

Кроме того, готовый учебный курс может быть теперь опубликован в нескольких вариантах:

- 1) Windows-программа, работающая с CD, жесткого диска или в локальной сети.
- 2) Та же программа, использующая учебные материалы, находящиеся на удаленном сервере.
- 3) Windows-программа, автоматически устанавливающаяся с удаленного сервера и использующая удаленные данные.

Версия 4

Ассистенты

Работа автора содержания («экспресс-режим») становится эффективнее за счет появления интерактивных форм ввода (ассистентов). Эти ассистенты настраиваются автором шаблона упражнения — например, они проверяют, удовлетворяют ли введенные данные необходимым условиям, самостоятельно добавляют или изменяют данные, если уже введенная 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.

Internet

Система ученика поддерживает теперь стандарты AICC и SCORM, что дает возможность интегрировать курсы в автоматизированный учебный процесс. Появляется новый вариант публикации — платформно-независимый 100% online-курс: система ученика — Java-апплет, данные в формате XML.

Кроме того, ее отличительными особенностями являются:

- Открытая архитектура — расширение возможностей системы за счет подключаемых компонент;
- Возможность создавать Internet-версию учебного курса;
- Наличие интеллектуальных ассистентов, помогающих создавать упражнения и презентации без программирования;
- Поддержка всех наиболее распространенных мультимедиа-форматов;
- Возможность создавать платформно-независимые курсы;
- Импорт из баз данных;
- Возможность работы над курсом нескольких авторов одновременно;
- Поддержка стандартов AICC, XML.

Более подробную информацию можно получить 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 научный центр «Московский научный центр по культуре и информационным технологиям (МНЦ КИТ)», инициаторами учреждения которого выступили ученые из МГУ им. М.В. Ломоносова, Института мировой литературы АН СССР, Института русской и советской культуры Рурского университета г. Бохум (Германия), частные лица и предприниматели из Германии и России.

Немецкой фирмой «Vo-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. Позднее, в течении 1993–1996 гг. для решения различных 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), д-р К. Вашик (Германия, руководитель работ с немецкой стороны, эксперт-филолог), доц. 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 «off-line» и «on-line». 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 предназначен для начинающих в области информатики. Содержит обучающую систему по основным понятиям информатики;

- «Русская разговорная речь для иностранцев» — продвинутый курс для иностранцев, изучающих русский язык. Содержит набор 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. Объем курса соответствует семестровому учебному материалу;
- «Аускультация легких» (совместно с институтом пульмонологии МЗ РФ) — курс содержит основы аускультации, теорию и практику применения отечественных препаратов при лечении астмы, а также набор тренировочных упражнений по распознаванию характерных звуков при аускультации легких в случае различных заболеваний;
- «Ультразвук и сосуды. Теория и практика» — электронная монография.
- «Самоучитель игры на гитаре» — содержит ряд специальных упражнений, использующих мультимедиа-возможности для повышения эффективности обучения.
- «Специализированные курсы, изготовленные 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

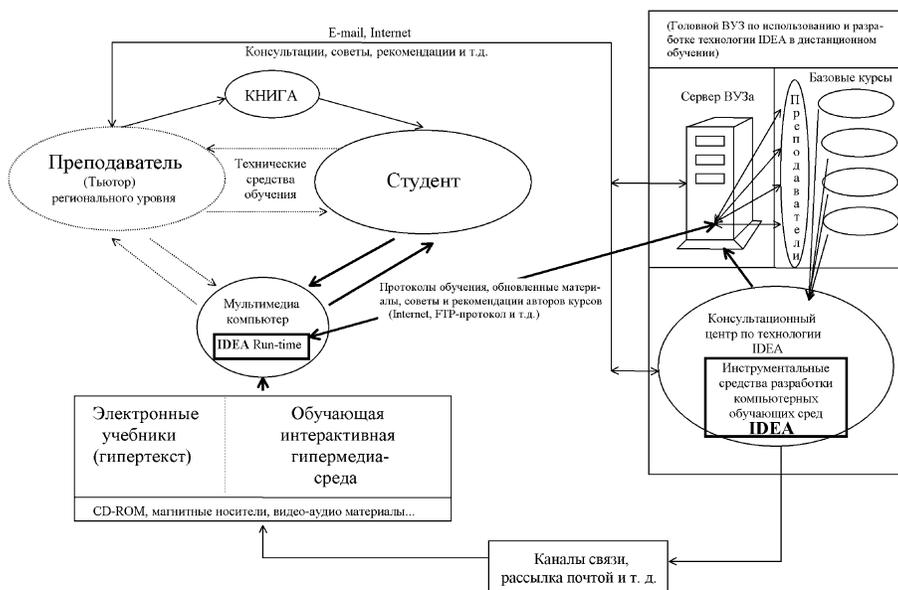


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема процесса дистанционного обучения на основе IDEA.

Были разработаны различные схемы организации дистанционного обучения, одна из которых была сделана 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 рисунке 1.

На основе этой схемы организации дистанционного обучения были экспериментально апробированы все ее компоненты с использованием e-mail, FTP-протокола и т. д., причем процесс взаимодействия позволял, работая 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 on-line 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), и при этом была отмечена одна из причин возникновения определенного стресса у обучающегося при переходе от школы к ВУЗу, что надо учитывать при разработке компьютерных систем обучения. Главное в этом переходе связано с изменением способа организации учебного процесса и использованием и ориентацией учебных материалов.

Учебно-методический комплект для школы включает в себя учебник, книгу для чтения, сборник задач, **методические указания для учителя**, практикум, учебные планы, программы и другие материалы.

Учебно-методический комплект для ВУЗа включает в себя **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 выше 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, возникает необходимость студенту уметь работать самостоятельно, в том числе ему необходимо предпринимать серьезные интеллектуальные усилия по превращению **инфор-**

мации, 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 умение отвечать на различные вопросы, синтезировать последовательности вопросов и уметь анализировать ответы на них ученика. Пока это выражается лишь в разнообразии курсового содержания и вариативности множества возможных ответов, а также путем изменения мотивации к обучению, нежели при обучении без компьютера.

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

Дидактическая часть предполагает существование информационного наполнения и наличие структуры учебного предмета (например, ресурсы Internet, справочные системы и т. п.) — и, как отмечено выше, основной прогресс и пик развития компьютерных систем (в том числе и претендующих на звание обучающих) приходится сейчас на эту область. Методическая часть (если она присутствует) во всех компьютерных системах выступает сейчас в виде только одной («школьной») модели, основная схема действий в которой это «выучил — повторил — сдал». На самом деле есть, по крайней мере, три основных типа методических систем организации учебного процесса.

Первый тип — информационно-упражненческая форма (обычная школьная форма);

Второй тип — задачно-целевая форма;

Третий тип — 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 счет моделирования отдельных аспектов и

фрагментов каждого субъекта учебного процесса (во взаимодействии учителя, ученика и обучающего материала) на основе моделей и методов нечеткой 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 использовании компьютерных обучающих систем важно осознавать побуждения 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 не разнесенные по различным устройствам воспроизведения звук, видео, графику, что естественно повышает при соответствующей организации качество усвоения исходного материала.

В проекте «IDEA» [1, 2] частично реализованы эти принципы. Была использована концепция экрана как наименьшей дидактической единицы, информация на котором — типа интерактивных кнопок, гиперссылок, активных зон 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 рисунке 2.

Учебный материал представлялся в виде набора деревьев, имеющих перекрестные ссылки, что отражало не только иерархичность структуры обучающего материала, но и различного рода ссылки, создающие вторичные и пр. структуры учебного материала, отража-

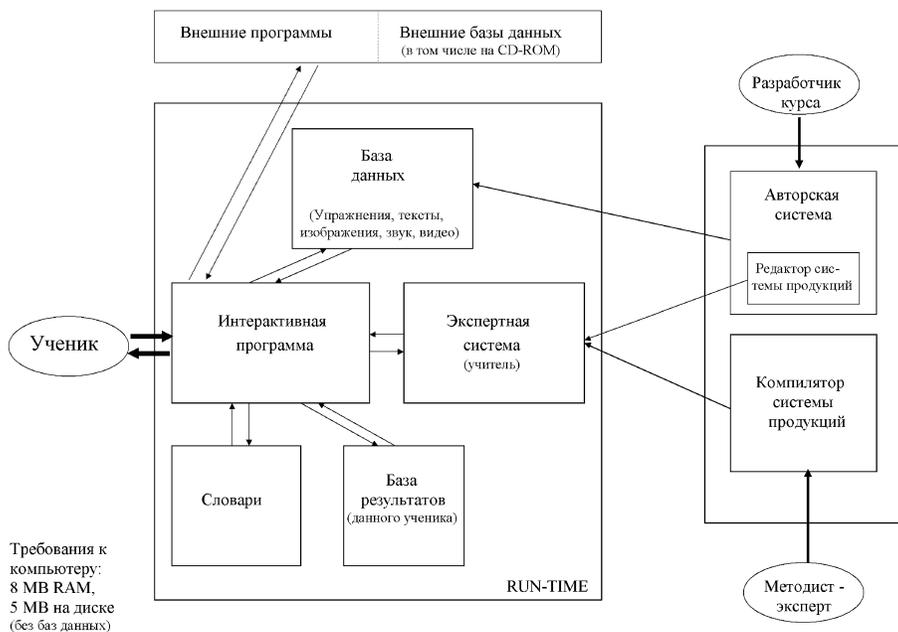
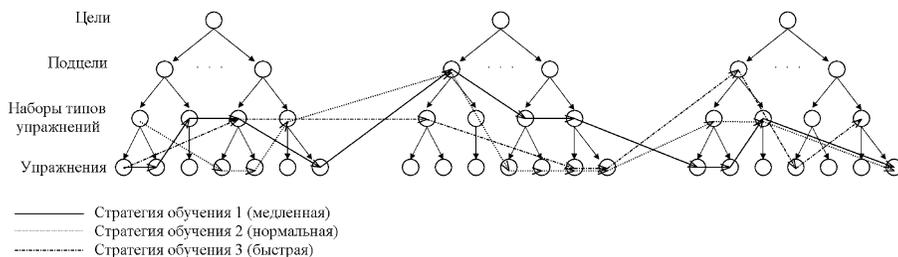


Рис. 2. Схема обучающей программы «IDEA».



На рисунке изображены линейные стратегии обучения, соответствующие движению в одном направлении. Экспертная система в программе IDEA могла изменять ход процесса обучения: переход на другие стратегии обучения, повтор однотипных упражнений в случае ошибок локального характера, возвраты 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. При возобновлении обучения процесс мог начинаться с момента его последнего останова.

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

ющие взаимосвязи различных учебных целей, задач и т. д. В зависимости от типа ученика, его успехов или неудач предлагалось три стратегии обучения (быстрая, нормальная и медленная) (рисунок 3).

Правила экспертной системы — это продукции вида «**Если** <условие>, **то** <действие>».

Для экспертной системы был разработан специальный механизм оценки качества событий, происходящих с ее 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 рисунке 4 приведен общий вид правил экспертной системы «IDEA» и некоторые типы кривых, возникающих в задачах обучения иностранному языку.

Главной целью проекта «IDEA» [1] была разработка и доведение до практического использования такой компьютерной системы обу-

Вид продукции (правила):

Если {(событие1, тип кривой 1, интервал 1) и
(событие2, тип кривой 2, интервал 2) и ... }
то {действие}

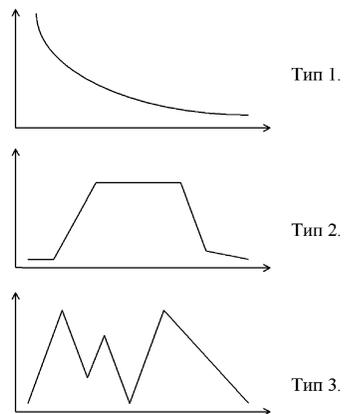
Троек (событие, тип кривой, интервал) может быть от одной до десяти.

Каждому событию в процессе обучения сопоставляется кривая определенного типа, заданная на некотором временном интервале.

Примеры событий: частота пользования словарем, ошибки при выполнении упражнений, превышение временных рамок, отведенных на выполнение упражнений и т. д.

Примеры типов кривых:

Событие - пользование словарем



По вертикали отложена частота использования словаря, по горизонтали - время (время урока, время изучения темы и т.д.)

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

чения, которая моделировала бы **всех** участников образовательного процесса — учителя, ученика, учебный материал и организовывала оптимальное их взаимодействие. В проекте были заложены механизмы для формирования модели учителя и ученика, введен определенным образом организованный учебный материал с элементами мультимедиа, и на этой основе имитировался процесс реального обучения с учетом 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 [3], 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, и 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:

- а) Разработка динамических баз данных и знаний, состоящих из больших массивов синтаксической информации со сложной семантикой и нечеткими логическими связями. Эти базы должны быть компактными по объему занимаемой памяти, и в то же время позволять достаточно быстро получать необходимую информацию из них.
- б) Разработка признакового пространства описания состояний автоматов-«учителя» и «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 нечеткой логики, так и процедурами типа распознавания образов и пр.

Эти вопросы были исследованы авторами и изложены в [1, 2, 5]. Теоретическим фундаментом модели является автоматная модель гибридного вида и ее свойства [3], а также некоторые модели и методы, созданные авторами или привлеченные 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. Четкое разделение 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, позволяющих использовать ее 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 соответствующих им 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 либо учебных целей. В одном и том же курсе для ученика может быть выбрана та или иная учебная стратегия в зависимости от его задач (это

может быть не обязательно овладение всем учебным материалом, а лишь некоторой его частью). На выбор стратегии также влияют режим обучения (частота и длительность занятий), начальные знания ученика, тип ученика, определенный на основании анализа процесса обучения, конкретные события в процессе обучения (например, неожиданные трудности при усвоении определенного 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 дает разрешенный 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) Дает 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: экспертной системой, самим учеником после просмотра содержимого курса или независимо от результатов предыдущего упражнения берется 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 «База данных истории обучения»).
- 6) Дает ученику представление о текущем состоянии его знаний — уровень 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 фиксируются отдельно.
- 2) Успешно выполненные упражнения и отдельные части упражнений.
- 3) Допущенные при выполнении упражнений ошибки с квалификацией класса ошибки.
«IDEA» использует 4 класса ошибок:
 - случайные ошибки (опечатки, случайное нажатие кнопки «мышь» 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 — используется при необходимости дополнительной тренировки, возврата к недостаточно усвоенной теме и тестирования знаний после ее 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 себе 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 еще одна немаловажная деталь, позволяющая внести один из элементов индивидуализации процесса 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 дает ученику советы, объясняет текущую учебную ситуацию и предлагает следующее упражнение. В любой момент ученик имеет возможность отклониться от предлагаемой ему последовательности упражнений, но этот факт, а также все, что происходит во время таких отклонений, фиксируется в базе данных результатов ученика и будет использовано в дальнейшем экспертной системой при принятии решений.

Ввиду существенного объема 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 ее часть составляет аккумулятивная информация об учебных целях. Поэтому компилятор базы знаний создает специальную индексную структуру, устанавливающую связь между записями базы данных и продуктами базы знаний. При обновлении информации в базе данных истории обучения сразу выделяется список продукций базы знаний, условия которых необходимо пересчитать, и этот список решающим образом сокращает время принятия решения.

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

Основой этого языка служат следующие понятия:

- 1) Тип ученика. «IDEA» не имеет предопределенных типов ученика, давая автору базы знаний (методисту) свободу в определении собственных типов в соответствии со своей методикой.
- 2) Событие. Примеры событий перечислены выше. Автор базы знаний может определять новые события, вычисляемые на основании уже определенных 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 порядка 20).
- 5) Вес кривой на интервале. Это отношение числа произошедших событий к числу возможных, либо, 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 остается 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 $t(x_1, \dots, x_n)$, где t — тип задачи, x_1, \dots, x_n — ее параметры. Для каждого типа задачи запомнить, как ее решал «учитель». Возможно, будет несколько вариантов ее решения $s_1(t)(x_1, \dots, x_n), \dots, s_r(t)(x_1, \dots, x_n)$. 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 Internet/Intranet. 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, а различающиеся лишь параметрами. После того, как каждый класс эквивалентности описан в виде множества $\{f(b_{1,1}, \dots, b_{1,k}), \dots, f(b_{m,1}, \dots, b_{m,k})\}$, где f — тип действия, $b_{i,j}$ — параметры действия, строится функция $f(x_1, \dots, x_k)$. Область определения переменных x_i — вообще говоря, множество произвольных строк. Таким образом, значениями функции f являются элементарные действия, причем не обязательно из множества A_0 запроколированных 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 решенные «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 назовем примерами решения задач. Заменяя в примере элементарные действия $f_i(b_{i,1}, \dots, b_{i,k})$ на соответствующие им действия-функции $f_i(x_1, \dots, x_k)$, получим решение задачи — последовательность действий $s = (f_1(x_{1,1}, \dots, x_{1,K_1}), \dots, f_m(x_{m,1}, \dots, x_{m,K_m}))$. 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, назовем 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 сопоставлено одно и то же имя задачи. В таком случае эти решения назовем вариантами решения задачи t , и из них склеиванием идентичных подпоследовательностей строится (ориентированный) граф решения задачи $S(t)$. Если вариант решения явля-

ется единственным, то он также задает 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 предоставляется возможность 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 может также быть в значительной степени (или даже полностью) автоматизирован. Учебный материал подбирается либо из готовых приме-

ров 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 ее 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, используя опыт 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 расчет 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 — управляемого \mathbf{A}_0 (ученик) и управляющего \mathbf{A} (обучающая программа — учитель). Выходом \mathbf{D} автомата \mathbf{A} , и соответственно, входом \mathbf{A}_0 является учебный материал — упражнения, пояснения, справочные материалы и т. п. Выходом \mathbf{B} автомата \mathbf{A}_0 , и соответственно, входом \mathbf{A} являются события, произошедшие в процессе обучения (см. выше — база данных истории 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}_{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, составляющих выход \mathbf{B} автомата \mathbf{A}_0 . Составление на основании протокола обучения моделей ученика (тип 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 рисунке 5.

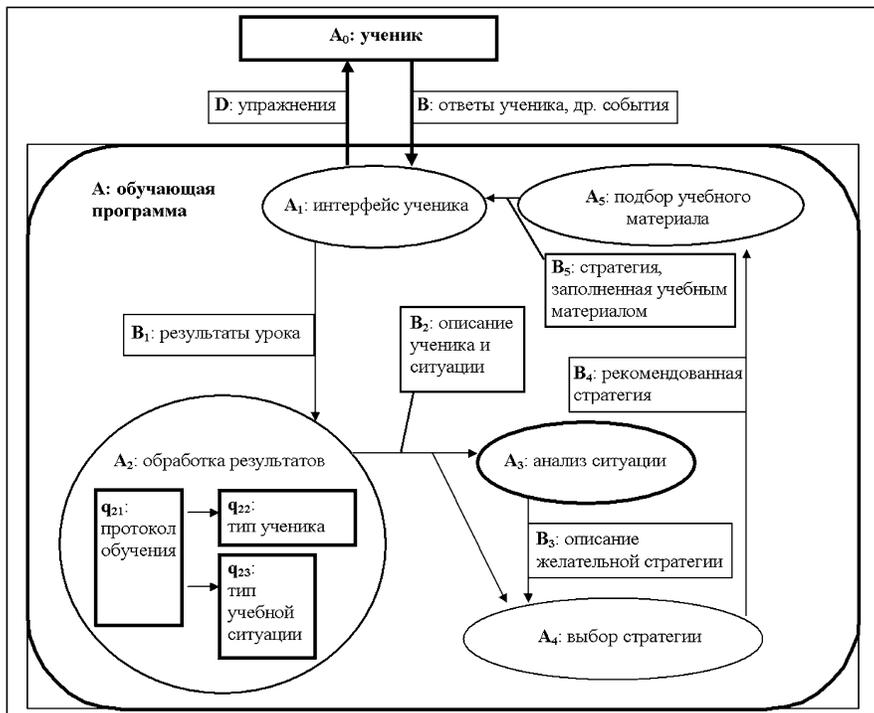


Рис. 5.

Автомат **A₁** представляет собой преобразователь входов **B₅** и **B** в выходы **D** и **B₁** соответственно. В простейшем случае это может быть автомат с одним состоянием.

Множество состояний автомата **A₂** есть декартово произведение множеств **Q₂₁**, **Q₂₂** и **Q₂₃**, описывающих соответственно протокол обучения, модель ученика и модель учебной ситуации. Для описания (потенциально неограниченной) истории событий элементами конечного множества **Q₂₁** целесообразно 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 (см. выше).

N_E — длина кривой — отношение длины протокола к запланированному времени обучения **T₀**. Очевидно, что длина кривой, представ-

ляющая 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 (см. выше). Как и длина кривой, вес может кодироваться элементами конечного множества.

Таким образом, компонента \mathbf{q}_{21} состояния автомата \mathbf{A}_2 есть набор $(\mathbf{C}_{E_1}, \dots, \mathbf{C}_{E_k})$ для всех протоколируемых событий E_j . Более подробный протокол обучения может быть получен, если хранить тройки $\mathbf{C}_{E_i}(\mathbf{I}_j)$ для нескольких наиболее важных интервалов \mathbf{I}_j : учебная цель, урок, а также временных интервалов — сегодняшнее занятие, последний час и т. п.

На основании входа $\mathbf{V}_1(t)$ и текущего состояния $\mathbf{q}_{21}(t)$ автомат \mathbf{A}_2 вычисляет свое 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 — принятие решения о действиях, которые целесообразно предпринять в данной учебной ситуации — 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{V}_2 , а в правой — значения выхода \mathbf{V}_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 трудоемкое для автора курса решение. Для этого принимается гипотеза о том, что автомат \mathbf{A}_0 представляет собой вероятностный автомат из определенного класса \mathbf{M} . Диаграмма Мура автомата \mathbf{A}_0 приведена на рисунке 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 $\varphi(\mathbf{q}, \mathbf{D})$, определяющая вероятность перехода в следующее состояние при значении \mathbf{D} входа автомата \mathbf{A}_0 , и функция выхода $\psi(\mathbf{q}, \mathbf{D}, \mathbf{E})$, 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

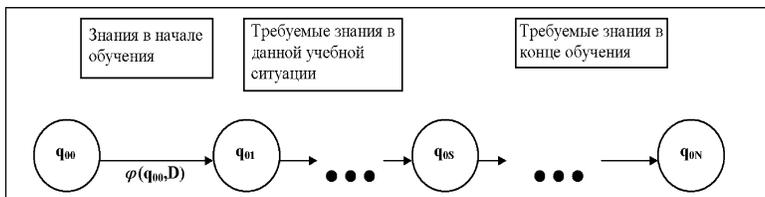


Рис. 6.

действий, переводящих \mathbf{A}_0 в состояние q_{0s} , желательное для данной учебной ситуации. Если предположить, что функция ψ линейно зависит от сложности $L(D)$ упражнения D , а $\varphi(q, D) = \sum a_i \psi(q, D, E_i)$, то подкласс M_i будет задаваться несколькими параметрами — длиной N цепочки состояний и коэффициентами линейных функций φ и ψ . Таким образом, автору курса достаточно определить набор типов учеников и описать, какое состояние q_{0s} является желательным на каждом этапе обучения. После этого автомат \mathbf{A}_2 может решать задачу отнесения \mathbf{A}_0 к определенному подклассу M_i , и определения его текущего состояния q_{0i} , а автомат \mathbf{A}_3 — спланировать последовательность действий, переводящих \mathbf{A}_0 в требуемое состояние q_{0s} .

Автомат \mathbf{A}_4 представляет собой базу данных учебных стратегий, для которой вход $(\mathbf{V}_2, \mathbf{V}_3)$ является запросом, а выход \mathbf{V}_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{V}_4 . Чтобы избежать ситуации, когда \mathbf{A}_4 и \mathbf{A}_5 не могут найти данных, удовлетворяющих запросам, следует представлять \mathbf{V}_3 и \mathbf{V}_4 как упорядоченные наборы запросов $(\mathbf{V}_{30}, \dots, \mathbf{V}_{3S})$ и $(\mathbf{V}_{40}, \dots, \mathbf{V}_{4L})$ — если запрос \mathbf{V}_{30} не может быть удовлетворен, удовлетворяется запрос \mathbf{V}_{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 $(\mathbf{V}_2, \mathbf{V}_3)$ или \mathbf{V}_4 не может быть удовлетворен, автомат \mathbf{A}_3 предлагает другой вариант действий \mathbf{V}'_3 .

Приведенный 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 процес-

са, а затем встроить ее в уже функционирующую систему. Мы приведем 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-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 трем. 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 используем словосочетание «текст на экране монитора», понимая под этим любую символьную информацию на нем, а чтение такого текста означает ознакомление с ним и общее понимание задания. Это необходимо для учета фактора времени при прохождении тестового занятия. Для разработки соответствующей шкалы потребуется величина $T_{\text{экс}}$ — экспертное время — это время, необходимое ученику данного типа для ознакомления с экраном и понимания общего смысла задания. Эта величина либо задается экспертом, либо вычисляется перед началом работы с учеником путем предъявления ему нескольких экранов и вычисления средней взвешенной суммы временных 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 задается экспертом). Оценка времени

работы ученика с материалом на экране компьютера рассчитывается по следующей лингвистической шкале:



Рис. 7.

где Δ — число, задаваемое также экспертом, которое позволяет ученику «слегка» отклоняться от точных числовых значений этой шкалы при прохождении курса. Далее мы исходим из того, что количество тестов N в задании кратно трем (см. выше). В простейшем случае тест понимается как набор вопросов, оцениваемых по шкале «да-нет» (то есть 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, возврат в контрольную точку теста (один возврат), 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, обязательный возврат на неправильные оценки (возможно с фиксированной скоростью просмотра), числом 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, 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 происходит возврат на учебный материал и только после его изучения происходит повторное выполнение теста.

Контрольные точки теста (одна или несколько) — это набор вопросов, дублирующих предыдущие вопросы, на которые был дан неправильный ответ, в измененной форме. Эти точки как бы дают

интервал количество ошибок M	очень быстро– быстро	норма–довольно медленно	медленно–совсем медленно
$M \leq \frac{1}{3}N \pm \Delta$	Дальнейшее продвижение по курсу. Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате в контрольные точки дается выбор быстрого или экспертного времени на просмотр. Предложить поменять экспертное время на реально затраченное время	Дальнейшее движение по курсу с экспертным временем. Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате в них дается экспертное время	Дальнейшее продвижение по курсу. Число возвратов в контрольные точки не более двух. При возврате в контрольные точки дается возможность медленного просмотра. Предложить поменять экспертное время на реально затраченное
$\frac{1}{3}N \pm \Delta \leq M \leq \frac{5}{12}N \pm \Delta$	Число возвратов в контрольные точки не более двух. При возврате на контрольные точки дается возможность выбора быстрого прохождения или прохождения с экспертным временем	Число возвратов в контрольные точки не более двух. При возврате в них дается экспертное время. При возврате на материал дается также экспертное время	Число возвратов в контрольные точки не более трех. При возврате в них дается возможность выбора медленного или экспертного времени. При возврате на материал дается также выбор из медленного или экспертного времени

$M \geq \frac{5}{12}N \pm \Delta$	Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате в них дается экспертное время. При возвращении на учебный материал дается время, заведомо большее, чем экспертное	Число возвратов в контрольные точки не более одного. При возврате на них дается экспертное время. При возврате на учебный материал дается также экспертное время	Число возвратов в контрольные точки не более трех, либо возможность окончания занятия без учета результатов последнего теста. Предложить поменять экспертное время на реально затраченное время. При возвратах в контрольные точки дается экспертное время. При возврате на учебный материал дается возможность выбора из медленного или экспертного времени
-----------------------------------	---	--	--

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 $\frac{1}{2}$ — ее введение позволяет несколько отделить поведение ученика, который слабо знает учебный материал, но ведет себя осмысленно, от «случайного» поведения, когда, например, ответы выбираются произвольно. Заметим, что значение величины Δ , вообще говоря, зависит от длины теста (N); определяем область ее значений как множество $\{0, 1, 2\}$, интерпретируя это как возможность «простить» одну или две ошибки при прохождении теста. Естественно, что если тест короткий, то Δ может быть равно 0 или 1, а если тест более длинный, то иногда Δ может принимать значение 2. Этот прием позволяет также разнообразить поведение обучающей системы. Сочетание двух факторов (скорости прохождения материала и количества ошибок) позволяет дать простейшие рекомендации для учета их в событиях экс-

пертной системы, вырабатывающих стратегии обучения (см. табл. 1). В этой таблице экспертное время соответствует той временной шкале, о которой мы говорили выше, а термины «реально затраченное время» и «медленное время» означают, что ученику дается возможность изменить время работы с экраном (в сторону уменьшения или увеличения), либо не учитывать фактор времени («медленное время»).

Возникает вопрос: почему берется количество экранов (упражнений) в тесте кратным трем? Здесь полагается, что разбиение учебного материала на фрагменты из трех задач и качество их решения дает возможность локальной оценки для изменения дальнейшей стратегии обучения и позволяет достичь этого без трудного перебора возможных реакций на последующие действия ученика. Кроме этого, предполагаем, что каждая задача имеет по три или более вариантов, которые более или менее равнозначны. Ниже (см. рис. 8) приведен один из возможных фрагментов дерева решений, служащего основой для синтеза управляющего обучением автомата («учителя»). В нем в кружочке стоит номер задачи и один из ее 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 (решенных задач). Кроме того, знак «+» или «-» на соответствующих ветвях означает решение или не решение соответствующей задачи.

Более сложная и расширенная по своим возможностям тестовая компонента обучения была реализована Лю Юном (КНР) в его диссертационной работе «Компьютерная обучающая система китайской письменности» [18]. Дело в том, что при изучении китайского письма необходимо достаточно быстро овладеть знаниями о нескольких тысячах иероглифов, каждый из которых представляет собой сложноструктурированный объект, а само множество их с трудом поддается типологизации. Фактически речь идет о «запоминании» нескольких тысяч двумерных и достаточно абстрактных образов, имеющих иерархическое строение, в которых базовые элементы могут располагаться достаточно произвольно [18]. Элементы обучения в виде жесткого тренинга на распознавание, произношение (включая тоны), за-

поминание 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. Скинера и Н. Краудера, переведенные 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 целей адаптации модели к типу ученика, скорости запоминания (забывания) им материала и пр. можно найти в [18].

Выше отмечалось, что в системах обучения нового поколения, кроме специальным образом организованного учебного материала, появились также блоки ученика и учителя (см. рис. 9); то есть в них налицо моделирование всех трех основных компонент учебного процесса — ученика, учителя и пространства их взаимодействия.

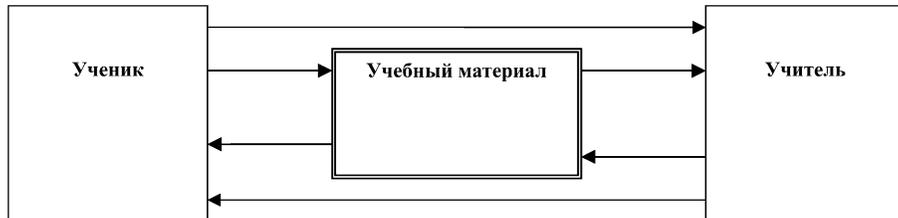


Рис. 9. Схема взаимодействия компонент процесса обучения.

Здесь следовало бы поставить на стрелках элементы временной задержки, для большей реалистичности модели. 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. Скинера 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 ее в виде абстрактного автомата $\langle S, Q, R, \phi, \psi \rangle$, где функции $\phi : S \times Q \rightarrow Q$, $\psi : S \times Q \rightarrow R$ задают изменение состояния модели и, соответственно, ее 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 $\langle S, Q, R, \phi, \psi \rangle$, где $Q = \{q\}$ — множество, содержащее одно состояние, $\phi : S \times q \rightarrow q$, $\psi : S \times q \rightarrow R$ (то есть является автоматом с одним состоянием), другой моделью поведения будет автомат состояний $\langle S, Q, R, \phi, \psi \rangle$, действие которого определяется только состоянием, в котором он находится: $\phi : S \times Q \rightarrow Q$, $\psi : Q \rightarrow R$ и т. д. Сказанное выше позволяет выбрать в качестве аппарата формализации процесса обучения язык абстрактных автоматов, а сам процесс моделирования обучения как процесс взаимодействия таких автоматов во времени.

В принципе, модель обучения Н. Краудера устроена в целом так же, как и Б. Скинера, 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. Скинера надо добиваться, чтобы на каждом шаге ученик получил правильный ответ — поэтому порции обучающего материала настолько малы, что рано или поздно ученик найдет правильный ответ. Неявное предположение (весьма на наш взгляд далекое от реальности), что после этого (после правильного ответа) ученик помнит всю свою историю обучения (то есть он практически ничего не забывает

из правильно полученных ответов), ибо возврат на ранее пройденный материал или отсылка к нему в такой модели не предусмотрена.

Иными словами, модель обучения по Б. Скиннеру можно представить в виде длинной цепи вопросов, причем переход по цепи возможен только при правильном ответе (см. рис. 10).

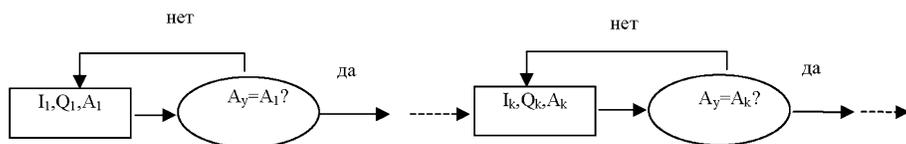


Рис. 10.

Здесь A_i ($i = 1, 2, \dots$) — правильные ответы, A_y — ответ ученика.

Модель Н. Краудера оперирует более крупными порциями обучающего материала, дабы 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 сделанных упражнений?» Ответ на этот вопрос уже не прост и не поддается 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 разветвленных программ. 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 их процент. Н. Краудер предложил увеличить порции информации I_1, I_2 (рис. 11) с 2–3 строк у Б. Скиннера до примерно половины страницы. Типовая ситуация (задание) у Н. Краудера состояла из вопроса (Q) и трех 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 разветвленного программирования имела три пути: для сильных, средних и слабых учащихся.

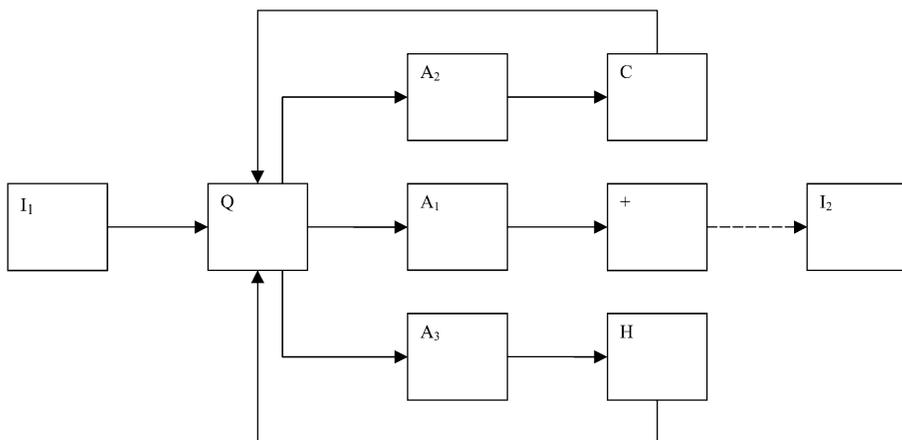


Рис. 11. Схема разветвленного программирования.

Обе эти модели обучения достаточно легко формализуются на языке теории конечных автоматов [3], который мы будем использовать для моделирования всех компонент учебного процесса. Выбор такого языка описания определяется его богатой логической выразительностью, естественной динамикой во времени, а так же возможностью явно описывать на уровне взаимодействующих автоматных схем сам процесс обучения.

Мы возьмем для простоты изложения модель обучения Б. Скиннера и синтезируем соответствующие автоматы: автомат-среда, автомат-ученик, автомат-учитель.

Синтез автомата-среды.

Здесь и далее выходом этого автомата является $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \in I_i \times Q_i \times N_{\text{П}} \times N_{\text{ПП}}$, где I_i (как и выше) есть i -ая порция обучающего материала, Q_i — набор вопросов, связанных с i -ой порцией обучающего материала (предполагается только один правильный ответ), $N_{\text{П}}$ —

номер правильного ответа из набора Q_i , $N_{\text{пт}}$ — количество попыток ученика при предъявлении ему списка вопросов: мы ограничиваемся тремя попытками. Входом автомата-среды является $x(t) \in \{0, 1\}$, $t = 0, 1, 2, \dots$, 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 приведен на рис. 12, который позволяет его продолжать в зависимости от длины (количества порций) обучающего материала.

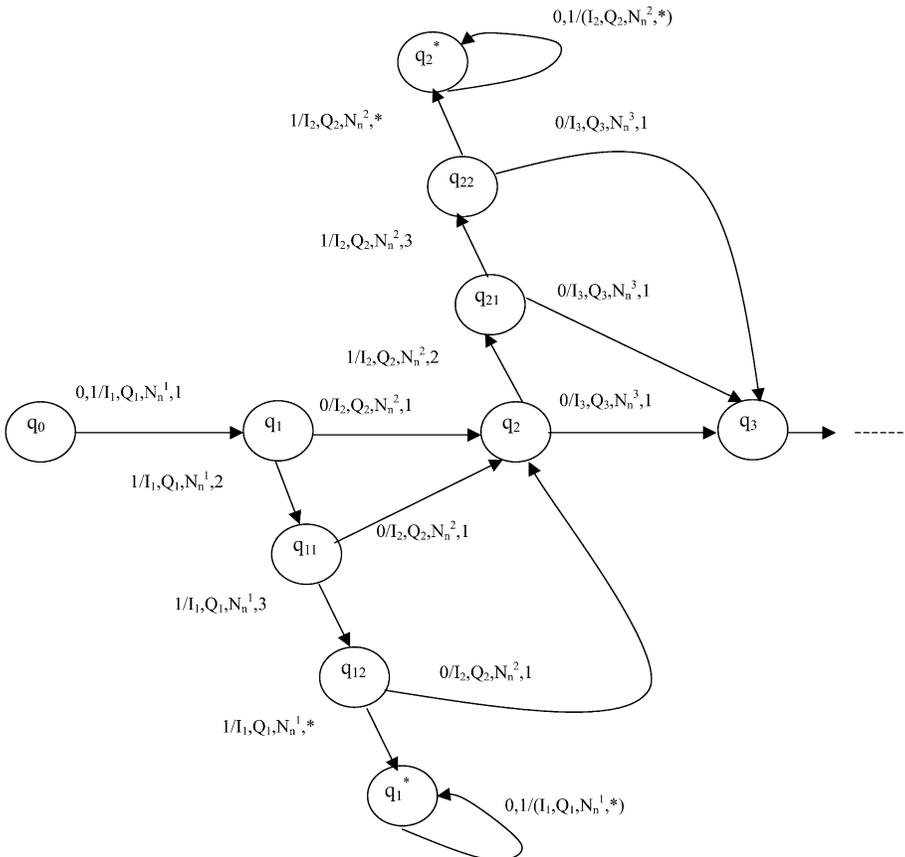


Рис. 12. Автомат-среда.

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

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 ее 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: входы его (правильный (0) или неправильный (1) ответ на его предыдущий вопрос, номер порции нового материала, количество попыток ответа), выход автомата есть некое число N_y^i из списка номеров Q_i (см. рис. 13).

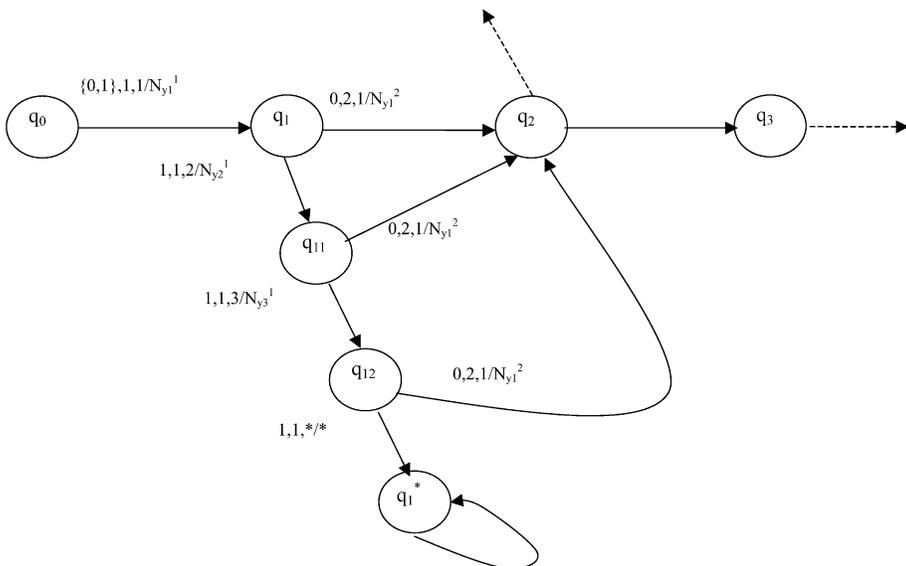


Рис. 13. Автомат-ученик.

В модели Б. Скинера 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 трех 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 (см. рис. 14).

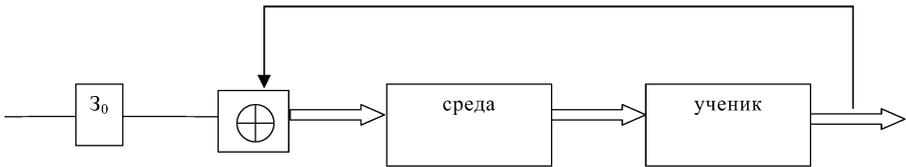


Рис. 14.

Z_0 — нулевая задержка (стартовый шаг обучения; выдача первой порции учебного материала), \oplus — аналог сумматора по mod 2 (ответ на следующем шаге поступает в среду и далее возникает взаимодействие среды и ученика). Для сохранения общности картины обучения и возможностей ее дальнейшего расширения мы приведем 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.

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

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

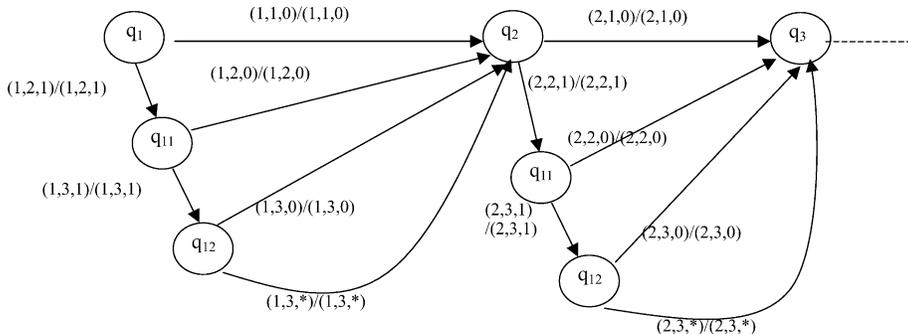


Рис. 15. Автомат-учитель.

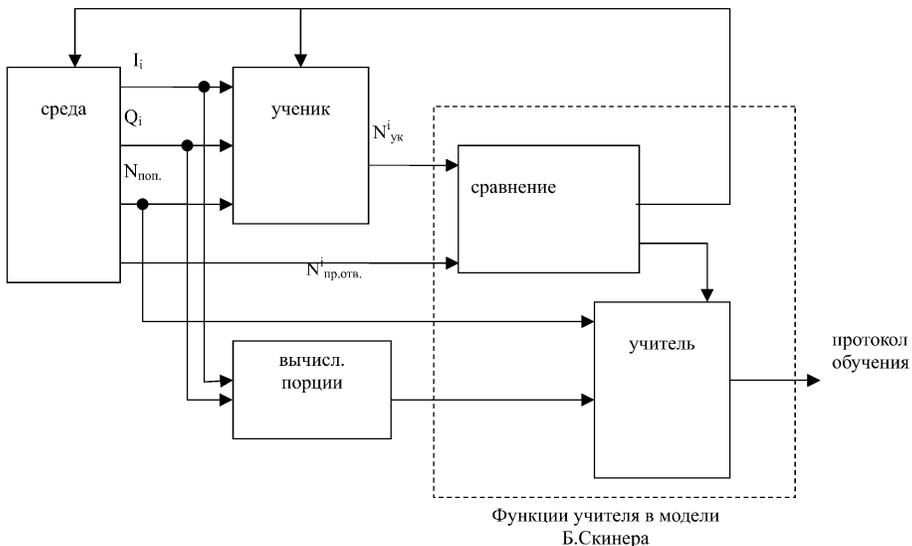


Рис. 16.

Собственно процесс обучения здесь целиком зависит от стратегии выбора ответа автомата-ученика и от устройства среды.

Тем не менее, эти автоматы позволяют смоделировать такое поведение ученика, как:

- 1) «Лобовая» тактика — $N_{y_i}^i = N_{y1}^i$ — выбор только первого ответа.

- 2) «Диагональная» тактика — $N_{yi}^i = N_{yn}^i - i \equiv n \pmod{3}$, то есть в первой порции обучающего материала выбирается первый ответ, во второй — второй ответ, в третьей — третий ответ, далее все повторяется.
- 3) Последовательный перебор — $N_y^i = N_{y1}^i$, если неверно N_{y2}^i , если неверны первые два ответа — выбирается N_{y3}^i .
- 4) «Смешанная» тактика — на первом шаге выбирается второй ответ, на втором шаге — 3 ответ, на 3 шаге выбирается первый ответ. Далее может быть и иной порядок выбора ответа.
- 5) Случайный выбор — ответ ученика $N_y^i = k$, k — случайная выборка из множества номеров ответов. В нашем случае — из $\{1, 2, 3\}$. Здесь к ученику добавляется датчик случайных чисел.

Собственно, 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_c и автомата-ученика A_y в том смысле, что 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 перерасчет 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_c и A_y . Используя эту идею, по-видимому, можно строить и более изощренные 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.

Приведенные выше примеры формализаций являются инструментами математического моделирования процесса обучения, которые получают дальнейшее свое 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, [14, 15], и была защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата наук Тимофеевым Е. В. на тему «Моделирование мимической компоненты обучающих систем». Некоторые идеи и реализации их описываются ниже.

Одна из распространенных 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 определенном порядке или случайным образом из заданного автором курса набора), предъявлялись оценки ответов обучаемого, а также комментарии, рекомендации и справки; со стороны обучаемого вводились ответы на задаваемые вопросы, а также запросы на получение дополнительной информации и т. д. Для повышения эффективности процесса обучения, в автоматизированную обучающую систему закладывались определенные, достаточно жесткие стратегии обучения, позволяющие системе выбирать последовательность предъявления учебных материалов и тестов (что собственно и было часто основным содержанием стратегий) в соответствии с успехами обучаемого, а также, возможно, и его персональными особенностями.

Сегодня реализация обмена текстовой информацией между обучаемым и обучающей системой не представляет никаких трудностей, а направление развития компьютерных обучающих систем сместилось в сторону создания интерактивных интеллектуальных программ, управляющих учебным процессом в зависимости от успехов ученика, и разработка 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 мультимедиа информации — это может быть графика с анимацией, аудио-, видеоэффекты и т. д. Именно здесь проблематика автоматизации обучения и создания интеллектуального мультязычного человеко-машинного интерфейса имеют общие точки соприкосновения.

В обучающих системах следует уделять повышенное внимание решению задачи моделирования не только логики, но и образа препода-

вателя, 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 проблема моделирования мимики лица человека на компьютере является очень сложной задачей. 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 [16].

Описанная выше автоматная модель тестовой компоненты обучения получила соответствующий технологический компьютерный инструментарий, позволяющий синтезировать ее на основе специальным образом размеченного текстового файла в формате rtf, что требует от преподавателя только написания в Wordе 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 степени успеха ученика в прохождении теста вместо балльной оценки в режиме обучения показывалась реакция системы в виде набора эмоций лица, выбранного учеником в качестве графического образа учителя. Конечно, в итоге ученик мог просмотреть свой протокол прохождения тестов, в котором существует оценка его успехов, выраженная и в числовом выражении. Разработка обучающих систем и специализированных обучающих сред настоятельно требует использования мультязычных 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 определенные 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, голосовое дублирование с интонационными вариациями и дополнительными звуковыми сигналами, характерными для человека, плюс графическая иллюстрация информации на специальном графическом языке. Вывод текста должен осуществляться с учетом естественности комбинации цветов текста и фона (обрамления, других диалоговых компонент).

Для голосового дублирования можно использовать синтезатор речи, либо создать определенный набор фраз в аудио-файлах, подобный набору системных сообщений и предназначенный для реагирования на определенные события. В последнем случае можно использовать интонацию для корректировки смысла сообщений. Наконец графическая иллюстрация может содержать статичные, заранее приготовленные изображения, видео-ролики, 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 нее мимической системы должен по возможности соблюдаться ряд специфических условий. Например, изображение лица не должно постоянно находиться на экране, по крайней мере, должна быть предусмотрена возможность отключения постоянного отображения портрета. Это связано с тем, что постоянное нахождение лица на экране сводит на нет новизну данного стимула в целом и притупляет восприятие его сигналов, а через некоторое время даже может начать вызывать раздражение. Свою негативную роль может оказать и явление, которое называется «эффектом человека за спиной» — когда чье-то лицо постоянно смотрит на обучаемого с экрана, это только мешает ему работать.

В связи со сказанным, после вывода той или иной мимической экспрессии на экран, должно происходить снятие картинки, замена ее каким-либо нейтральным изображением; как альтернативный вариант можно, например, предложить закрывать глаза изображения

«учителя» или отводить его взгляд на время между значимыми событиями.

Далее, по возможности, необходимо сохранять правдоподобное изображение лица в процессе его визуализации. Кроме того, что сами эмоциональные экспрессии должны соответствовать естественным трансформациям человеческого лица, должен присутствовать и соответствующий феномену мимики антураж.

- Во-первых, мигание глаз, то есть если изображение задерживается на экране хотя бы несколько секунд, следует включать мигание, что будет играть на эффект одушевления «учителя».
- Во-вторых, изменения лицевых объектов должны происходить плавно, резкая смена выражения лица выглядела бы неестественной.
- В-третьих, для уменьшения монотонности стимулов необходимо проработать систему случайных (в некоторых разумных пределах) изменений лица как реакции 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 их проявление, так и отрицательное. Кроме того, должны использоваться разные шкалы для оценки ответов обучаемого на отдельные вопросы в тесте и реакции на результаты прохождения группы вопросов — таким образом, визуально может достигаться разграничение оценки уровня вопроса и уровня теста, снижаться монотонность стимулов.

Желательно наличие возможности для обучаемого выбирать портрет 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 — это 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 жестко увязана с отдельными значимыми событиями в учебном процессе. Поскольку ставится целью реализовать в обучающей системе принципы мультязычного интеллектуального интерфейса, нужно предусмотреть влияние уже произошедших событий на формирование новых экспрессий. В простейшем случае такой подход реализуется по схеме учета внутренней мотивации эмоциональной реакции. Однако желательно учитывать и содержательную сторону предшествовавших событий, чтобы наиболее точно отразить отношение «учителя» к сложившейся на определенный момент процесса обучения ситуации.

В современные обучающие программы разработчики с большим или меньшим успехом пытаются закладывать функцию учета индивидуальных особенностей учеников. Мимическая сигнализация также могла бы моделироваться с учетом 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 — развернутый ответ, который содержит кроме темы также и тему вопроса.
- 3) Тривиально избыточный ответ — развернутый ответ, который кроме темы содержит дополнительную информацию, не имеющуюся 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 трех режимов реагирования на значимые события.

- Первый — пункт главного меню «Мимика / Постоянно на экране» — когда лицо постоянно находится на экране (при этом используется эффект мигания глаз) и реагирует с помощью мимики на успехи пользователя. 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 сменяемое последующим.

- Второй режим — 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 при формировании общей оценки прохождения теста. В этом режиме не предусмотрена плавная трансформация мимики, за счет чего он более быстрый, чем первый режим. Данный режим устанавливается сразу после загрузки профайла с данными о координатах лицевых объектов.
- Третий режим инициализируется по умолчанию («Мимика / Без лица») и не предусматривающий вообще мимических реакций. Вместо них на экран выводится текст комментария к тому или иному вопросу или, в случае отсутствия комментария, сообщение о правильности или неправильности ответа. Оценка прохождения теста дается в этом режиме только после завершения тестирования в жестком (последовательном) режиме.

В системе UTest предусмотрена 10-ти балльная система оценивания правильности ответов: 0 — совершенно неверный ответ, 9 — абсолютно правильный ответ. Соответствующие значения весов ответов помещаются составителем теста в его текст 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, то 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 задается следующим образом:

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

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

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

В данном случае на эмоциональной шкале имеется «мертвая 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 значительней, 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 жестком (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 жестком режиме (когда пройдены все вопросы) формируется и выводится на экран отчет о прохождении теста. В нем 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, то выводится и соответствующая итоговой оценке (формируемой по пятибалльной шкале) мимическая конструкция с использованием эмоциональной шкалы «недовольство–восторг».

Опыт работы с такой системой показал хорошие результаты и эту тематику на наш взгляд следует активно изучать и создавать модели, которые должны быть как частью 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 университете авторами статьи с 1996 по 2005 гг. Инициатором и научным руководителем этих работ в РГГУ был ректор, а затем президент РГГУ профессор Афанасьев Ю. Н. — фактически это был первый проект использования современных инфор-

мационных технологий для образовательных целей в гуманитарном университете, поэтому ниже описывается опыт работы именно этого университета по указанной в заголовке подраздела тематике.

РГГУ начинал работу в области создания новой университетской образовательной среды не на пустом месте: с одной стороны, в РГГУ был привнесен опыт создания компьютерного инструментария в виде готовых к использованию версий программы «IDEA Professional», предоставленный Московский научным центром по культуре и информационным технологиям (МНЦ КИТ), с другой стороны, в РГГУ нарабатывался собственный опыт создания мультимедийных и дистанционных средств обучения в Центре компьютерных технологий обучения РГГУ (ЦКТО РГГУ). В диалоге с разработчиками таких систем, преподавателями и руководством университета возникло осознание масштабности задачи, появлялись постановки конкретных задач, поиск выхода из системного кризиса, в который все более и более погружалась наша, да пожалуй, и зарубежная образовательные системы.

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 Internet.

С 1997 г. и по 2002 г. РГГУ и МНЦ КИТ создали 15 CD-ROM-ов (некоторые из них упомянуты выше в настоящей статье). Часть из них была протиражирована, а часть из них доведена до мастер-диска, готового для тиражирования, и в силу разных причин не была запущена в тираж. Все 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 распространенных упражнений, далее сделать некую навигацию между этими курсами, и все это назвать новой образовательной средой.

Это было возможно, но возникал вопрос финансирования первоначального этапа разработок. На основании предыдущего опыта создания таких мультимедийных продуктов стало ясно, что даже в объеме 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 переключивание 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 путем 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 отработывалась 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 еще 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 все-таки надо было пройти, чтобы понять как это делается, какие требуются затраты и что это в итоге дает. 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 что 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 привел нас к выводу об утрате в современной России (да и значительной части европейского образовательного пространства) важной части образовательного процесса — общего образования и замены 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 таких работ, однако следствие из проведенного анализа этих работ оказалось удивительным: проблема есть, сотни лет ее ставят, соглашаются, да проблема существует, а решения ее нет! Ориентируясь на все более специализирующиеся разделы современной науки как поставщика образовательной информации, высшее образование стало специальным, то есть 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 прошел ступени этого образования по техническим и естественно-научным областям знания). Груднее было ученым-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, нанесенный культурному слою общества в результате коренного изменения строя, начиная с 20-х годов прошлого века, нанесли невосполнимые утраты культуре российского общества и существенно замедлили ее дальнейшее развитие. Был искусственно создан разрыв между историей и культурой России дореволюционного периода и последующего этапа ее 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 здесь и надо искать ответ на один навязчивый и ехидный вопрос, возникающий в дискуссиях в разных контекстах: а 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. — то есть отдали организацию жизни общества людям, скрывавшим за камуфляжем пустых фраз и обещаний свои корыстные интересы и

отнодь 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. — ну, 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 все 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 идет об эволюционной разработке дополнительной образовательной компоненты, которая, может быть, нужна была не всем, но, по крайней мере, предоставляющей возможность получения иной познавательной информации (чем та, что дается в стандартных курсах) любознательному студенту. Идея эта была оформлена в виде текстового документа, который назывался «Концепция универсальной компоненты образования» — на этой основе были проведены несколько международных конференций в Голицыно (1997, 1999, 2000 гг.), и надо сказать, что обсуждения предложенных идей и их критика со стороны участников кон-

ференций 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 определенную реакцию отторжения, поскольку сразу возникает противопоставление «новое–старое», однако в такой постановке вопрос никогда 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 «шевелить мозгами» ученика, а не просто запоминать ее с целью дальнейшего воспроизведения. Хотелось показать, как может функционировать такая среда, что она дает 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, филолога и т. д., которые вообще-то различны (хотя могут иметь и некоторое пересечение — например, необходимость словарной поддержки), 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 информации, чем на уровне традиционного представления информации: в частности, установления именованных ссылок, закладок, систем навигации по ней и пр.

Хотелось бы отметить, что такая образовательная среда это не Интернет и не часть Интернета в силу разных принципов ее 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 определенными ключевыми словами, поэтому часто то, что выдается в качестве ответа на запрос, не соответствует ожиданиям именно в силу большого объема 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 еще доказать, что новый материал ведет 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 [17], причем это не просто гипертекст, а именно гипертекст, в котором связи тоже несут важную семантику, а не являются просто механизмом формальной информационной связи между материалами. Поэтому поиск информации в Интернет и в информационно-познавательной среде устроен по-разному, хотя для наполнения среды информация из Интернет, конечно, нужна, но структурирование ее и включение в систему гиперссылок и связей должно базироваться на основе решаемой образовательной задачи (или задач).

В определенном 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, бибколлекторы, обязательный ассортиментный минимум, серии малотиражных изданий и т. д.) — о чем, 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 экз. 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 имелаась в Советском Союзе. Восстановить ее в полном объеме сейчас нереально, да и не возможно. Однако создать электронные фрагменты ее 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 несет 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 здесь требуется нетривиальный набор решений по этой большой организационной и содержательной проблеме.

Фактически, если учесть масштабность задачи, речь 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

определенной идеологии разработки такой среды (включая и требования к познавательной ценности предоставляемых материалов), а также понимание смысла и целей этой работы.

И, наконец, *last but not least*: 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 идет 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 ее 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 еще пока находится в стадии первоначально-го своего становления и к тому же имеет многоуровневый и разноплановый характер, далекий пока от хотя бы некоторой завершенности и достаточной ясности во всех аспектах. Каждый раз, обсуждая вопросы создания среды или образовательной модели, необходимо 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, наиболее полно разработанный в университете вопрос, вплоть до уровня конкретных предметных областей (история, религиоведение, искус-

ствоведение, 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 также частично проработаны, но для окончательного принятия решения необходима увязка этих вопросов 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, это 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 ее пользователей с помощью специального информационного инструментария работы с ней.

Главные цели создания такой среды:

- 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 прочесть, а вот как сделать, чтобы он встроил прочитанное в свою модель проблемы и будет главной задачей преподавателя.
- 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 сре-

ды. Здесь часто возникает вопрос об изощренных 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 бы 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.

- Разработка информационного инструментария работы со средой как общего характера, так и специализированного, на уровне предметных областей (инструментарий историка, инструментарий филолога, инструментарий искусствоведа и т. д.)
- Фиксация результатов самостоятельной работы ученика (да и преподавателя) со средой для последующего их анализа, обсуждения и выработки эффективных индивидуальных стратегий обучения.

Это не только умозрительные построения. В кандидатской работе Беляевой Т. А. «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, включая выработку форматов представления данных и инструментарий для работы с ней. Модель доведена до программной реализации и была апробирована на студентах и аспи-

рантах, специализирующихся по истории, показав хорошие результаты и положительные отзывы преподавателей.

Пожалуй, этим можно пока и ограничиться. Из сказанного выше следует иная, новая роль преподавателя в учебном процессе: преподаватель как организатор познавательно-ценной информации для среды, как ненавязчивый наставник («тьютор»), а не как единственный источник информации и ее комментатор или толкователь. Многим это не нравится, отчасти из-за нежелания менять привычную схему работы, отчасти из-за непонимания проблемы необходимости создания иной, чем ныне существующая, 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 [1, 5, 8–9]) и необходимы серьезные (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 преподает, и могут существенно расширить информационный кругозор участников процесса обучения.

Список литературы

- [1] 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.

- [2] 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.
- [3] Кудрявцев В. Б., Алешин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. М.: Наука, 1985.
- [4] Афанасьев Ю. Н., Шеховцов С. Г. Путь университета: опыт рефлексии // Вузовская педагогика в информационном обществе. М.: РГГУ, 1998. С. 9–36.
- [5] Кудрявцев В. Б., Вашик К., Строгалов А. С., Алисейчик П. А., Перетрухин В. В. Об автоматном моделировании процесса обучения // Дискретная математика. Т. 8. № 4. М., 1996. С. 3–10.
- [6] Подколзин А. С. О формализации приемов решения математических задач // Интеллектуальные системы. Т. 3. Вып. 3–4. М., 1998. С. 51–74.
- [7] Строгалов А. С. Компьютерные обучающие системы: некоторые проблемы их разработок // Вузовская педагогика в информационном обществе. М.: РГГУ, 1998. С. 68–72.
- [8] Строгалов А. С., Шеховцов С. Г. Мышление, язык и интеллектуальное образование // Интеллектуальные системы. Т. 3. Вып. 3–4. М., 1998. С. 5–50.
- [9] Тиффин Д., Раджасингам Л. Что такое виртуальное обучение. М.: Информатика и образование, 1999.
- [10] Яковлев Н. Н. Преступившие грань. М.: Международные отношения, 1975.
- [11] Афанасьев Ю. Н., Строгалов А. С., Шеховцов С. Г. Об универсальном знании и новой образовательной среде (к концепции универсальной компоненты образования). М.: РГГУ, 1999.
- [12] Строгалов А. С. Существует ли гуманитарный аспект математики? // Математика и общество. Математическое образование на рубеже веков. М.: МНЦМО, 2000.
- [13] Бычков С. Н., Строгалов А. С., Шеховцов С. Г., Шикин Е. В. О тождестве фундаментального и гуманитарного // Материалы

II-го Всероссийского геометрического семинара. Псков: Псковский Государственный педагогический университет, 18–19 мая 2001.

- [14] Тимофеев Е. В. Трансформация мимики произвольного человеческого лица для задач интеллектуального человеко-машинного интерфейса // Интеллектуальные системы. Т. 4. Вып. 1–2. М., 1999.
- [15] Строгалов А. С., Тимофеев Е. В. Об интеллектуализации интерфейса обучающих программ // Интеллектуальные системы. Т. 4. Вып. 3–4. М., 1999.
- [16] Тимофеев Е. В. Моделирование мимической компоненты обучающих информационных систем / Диссертация кандидата наук. 2001.
- [17] Bush V. As we may think // Atlantic Monthly. July 1945.
- [18] Лю Юн. Компьютерная обучающая система китайской письменности / Кандидатская диссертация. М., 2006.