

Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы¹

Аннотация. Анализируется состояние и тенденции развития интеллектуальных обучающих систем. Рассматриваются особенности обучающих интегрированных экспертных систем. Описывается опыт построения обучающих интегрированных экспертных систем на основе задачно-ориентированной методологии и поддерживающего ее инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ (веб-ориентированная версия).

Ключевые слова: интегрированные экспертные системы, задачно-ориентированная методология, веб-технологии.

Введение

Важнейшими особенностями современных компьютерных технологий обучения являются процессы *индивидуализации, интеллектуализации и веб-ориентации* традиционных обучающих систем, программ и технологий. Это в значительной степени определяется практическим использованием методов и средств искусственного интеллекта (ИИ) (в частности, экспертных систем (ЭС) и интегрированных экспертных систем (ИЭС)) при их разработке [1, 2], а также успехами бурно прогрессирующей технологии обучения через веб.

Анализируя ситуацию в целом, следует отметить, что сегодня хорошо известны преимущества веб-ориентированных интеллектуальных обучающих систем (веб-ИОС) [3, 4], разработанных, как правило, на базе ранних традиционных ИОС. К числу наиболее известных и упоминаемых в литературе систем относят обучающие адаптивные системы (веб-ОАС), в частности, ELM-ART, CALAT, WITS и др. [3], развитие и совершенствование которых всегда находилось в фокусе внимания многих отечественных и зарубежных исследователей, например, [5-12].

Архитектуры современных веб-ОАС и веб-ИОС не являются полностью новыми или уни-

кальными, поскольку используются знания о проблемной области (ПрО), об обучаемом субъекте и стратегиях обучения для поддержки гибкого индивидуализированного процесса изучения соответствующих дисциплин/курсов (формирование *знаний*) и развития практических навыков в использовании материала этих дисциплин (формирование *навыков/умений*).

Новым шагом в компьютерном обучении стало появление *агентно-ориентированных* ИОС [13,14], в состав которых входят следующие агенты: интерфейса преподавателя, интерфейса обучения, доступа к знаниям, онтологий, агент-координатор взаимодействий [15].

Достаточно интересные решения сегодня получены и в области создания инструментальных средств поддержки разработки веб-ИОС, что применимо в тех случаях, когда в алгоритмах управления процессом обучения используются педагогические (дидактические) принципы обучения, *инвариантные* к дисциплине/курсу, т.е. речь идет об адаптивном управлении процессом обучения.

В качестве примера можно привести семейство инструментальных систем МОНАП, МОНАП-ПЛИОС [9-11], на основе которых реализован ряд прикладных ИОС, обеспечивающих адаптивный процесс обучения грамматикам немецкого и русского языков и представляющих собой достаточ-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 06-01-00242)

но гибкие системы открытого вида. В настоящее время известно о разработке веб-версии инструментария МОНАП, с помощью которого педагоги-предметники из однотипных ПрО, используя удаленный компьютер, подключенный к Интернет, смогут создавать свои среды обучения с различными дидактическими характеристиками.

Активизировались также и исследования, связанные с использованием веб-технологий в области статических и динамических ЭС. Сегодня веб-ориентированные ЭС (веб-ЭС) эффективно применяются в медицине, авиакосмической промышленности, экологии и др. ПрО, где существует необходимость оперативного доступа к экспертным знаниям для большого числа географически разнесенных пользователей [16,17].

Наследуя фундаментальные принципы представления и вывода на от традиционных ЭС, эти системы обладают целым рядом преимуществ, связанных с их общедоступностью, простотой распространения, удобством сопровождения, эффективностью и оперативностью обновления базы знаний (БЗ). Это важно для самого сложного класса ЭС - интегрированных ЭС (ИЭС), обладающих в отличие от традиционных ЭС *масштабируемой* архитектурой, расширяющей функциональность системы с помощью дополнительных подсистем, реализующих средства индивидуализации обучения [1, 2, 18, 19].

Поэтому среди актуальных и наиболее востребованных приложений веб-ИЭС важное место сегодня занимают *обучающие* веб-ИЭС, что связано с появлением новых возможностей *компьютеризации* процессов обучения как за счет использования различных дистанционных образовательных технологий, так и путем дальнейшей *интеграции* моделей, методов и средств ЭС с обучающими системами в рамках единой архитектуры веб-ИЭС, объединяющей в себе взаимодействующие логико-лингвистические, математические, имитационные и некоторые другие виды моделей [1,2,17,20].

Задачно-ориентированная методология (ЗОМ) построения ИЭС, предложенная автором в середине 90-х годов [21], и поддерживающий ее инструментарий нового поколения - комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ [16,18,19] позволяют осуществлять разработку широкого класса обучающихся ИЭС [22-24], обладающих развитыми

интеллектуальными средствами обучения, мониторинга и тестирования обучаемых.

Следует отметить, что все модели, методы, алгоритмы и процедуры, формирующие в совокупности конкретный подход к разработке обучающих ИЭС в рамках ЗОМ, являются оригинальными [21,22,24]. Поддерживающие инструментальные средства, встроенные в комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, представляют собой *автоматизированные рабочие места* преподавателей-предметников по инженерным и специальным дисциплинам, для которых целесообразно создавать обучающие ИЭС по типу *тренажеров наставнического вида* [22,23] с целью сохранения уникальных неформализованных методик и опыта преподавания конкретных курсов или дисциплин.

Инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, детально описанный в целом ряде работ [16,18,19], является динамически развивающимся отечественным инструментарием типа WorkBench, т.е. в контексте автоматизации программирования – это интегрированная инструментальная система, поддерживающая полный жизненный цикл (ЖЦ) создания на основе ЗОМ и сопровождения прикладных ИЭС в статических ПрО, включая *интеллектуализацию* процессов построения ИЭС [18,19,25].

Целью данной работы является анализ опыта использования ЗОМ и комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для разработки обучающих веб-ИЭС, поскольку, с одной стороны, полностью наследуется мощная функциональность обучающих ИЭС (построение *модели обучаемого, адаптивной модели обучения, модели ПрО, модели объяснения, модели преподавателя*), а с другой – приобретаются все основные черты современной клиент-серверной архитектуры, такие как независимость систем от платформы, простота обновления информации, удобство в администрировании и технической поддержке, что, в частности, значительно упрощает процессы аккумулирования знаний преподавателей-предметников.

Учитывая, что в контексте ИЭС вопросы разработки ИОС и веб-ИОС практически не рассматривались, проведем некоторый анализ основных подходов и особенностей построения ИОС, не претендуя на исчерпывающую полноту, а лишь позиционируя роль и место ЭС и ИЭС в системах данного класса.

1. Эволюция парадигм разработки интеллектуальных обучающих систем

Если не рассматривать Интернет как самостоятельное средство обучения, обладающее целым рядом важных преимуществ (независимость от места/времени, наличие связей между многими объектами, мультимедийное общение и взаимодействие посредством компьютера), то в исследованиях и разработках по ИОС можно выделить несколько основных *парадигм* построения систем данного класса.

1. Основанная на концепции *специализированных ЭС*, разрабатываемых для конкретного приложения. Детальный обзор подобных систем был сделан автором в [1,2]. Другим примером являются работы В.А. Петрушина [8,26] в области так называемых *экспертно-обучающих систем*.

2. Основанная на гипертексте или гипермедиа [27]. Эти вопросы достаточно хорошо и давно рассматриваются в специализированной литературе, не относящейся к области ИИ.

3. Основанная на интеграции ЭС и гипертекста/гипермедиа, т.е. с добавлением к гипертексту (ГТ) возможностей логического вывода ЭС, что получило значительное распространение *«интеллектуальных текстах»* или *«экспертных текстах»* (термин, впервые предложенный Рой Рада [28]). Существуют два основных направления в области *встраивания* знаний в ГТ [29]: извлечение знаний из документов, уже введенных в систему, и введение знаний в процессе построения самой системы. В рамках первого направления – это целый спектр подходов, начиная от автоматизированного построения ГТ из линейного текста с помощью методов *семантической индексации* и заканчивая построением новых связей, как в процессе навигации, производимой обучаемым, так и в зависимости от его предыдущих действий, конечных целей, с учетом контекста и условий его вызвавших и т.п. Что касается второго направления, то здесь большое распространение получили *экспертные системы*, использующие отдельные методы и процедуры ЭС для управления навигацией в ГТ, например, известные коммерческие системы Knowledge Pro, INTERNIST, TIES, Oxford System of Medicine и отечественная КРЕДО [30]. Большинство из этих систем значительно ускоряют доступ к

информации и увеличивают возможности манипулирования ею, однако не осуществляют настоящего логического вывода, т.к. приобретенные и используемые в них знания не формализованы, (исключение здесь составляют системы типа SATELIT [29], в которой ввод знаний в ГТ-систему осуществляется в виде формализма *концептуальных графов* Sowa).

4. Использующая концепцию *интеллектуальных обучающих инструментов* [31,32], представляющих собой разновидности систем со *смешанной инициативой* [33] и перекрывающимся (оверлейным) типом модели обучаемого, причем предполагалось, что на основе конструктора в режиме интерактивного диалога можно создавать веб-ориентированные *интеллектуальные обучающие апплеты* по любой дисциплине/курсу, объединять их в большие хранилища, а затем с помощью ссылок связывать в ИОС различной конфигурации.

5. На основе интеграции традиционных ЭС с системами обучения. Это базовая концепция, находящаяся в фокусе внимания данной работы, поэтому рассмотрим ее более детально, тем более что системы компьютерного обучения, исторически возникшие гораздо раньше прикладных интеллектуальных систем, в частности ЭС, прошли большой путь от лабораторных программных средств (ПС) до мощных коммерческих *обучающих и обучающихся* систем широкого назначения (ИОС, ОАС, веб-ИОС и др.).

Рассматривая проблему разработки компьютерных систем обучения в целом, нельзя не упомянуть о следующей важной особенности, подмеченной В.Л. Стефанюком [5] - это выделение двух основных процессов: обучение как *learning* и обучение как *tutoring* (Рис.1). Направление *learning* (обучающиеся системы) - это самообучение, обучение с учителем, адаптация, самоорганизация и т.д., поэтому при разработке обучающих систем исследуются модели, демонстрирующие способности адаптации к окружающей среде путем накопления информации. Направление *tutoring* (обучающие системы) тесным образом связано с вопросами «кого учить» (модель обучаемого), как и «чему учить» (модель обучения) и даже «зачем учить», т.е. здесь исследуются модели передачи информации и знаний от учителя с помощью компьютера.

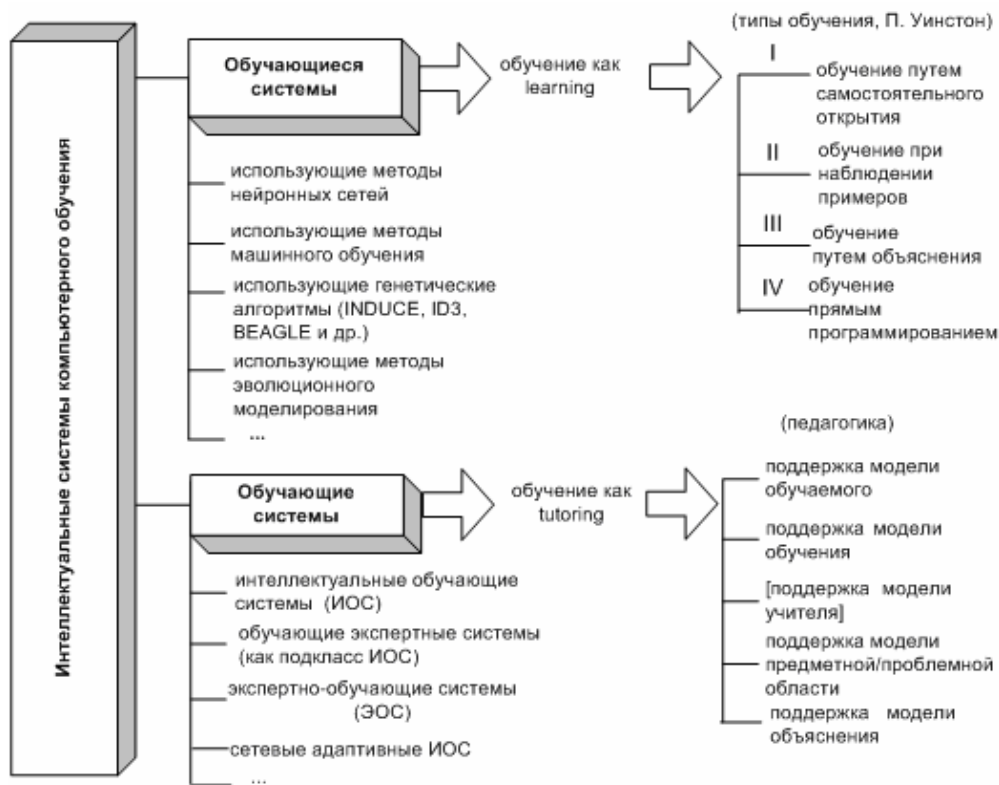


Рис. 1. Классификация интеллектуальных систем компьютерного обучения

Поскольку в области *педагогика* нет общепринятых теорий и алгоритмов обучения, нет формальных моделей обучаемого, обучения, учебных воздействий, объяснений и т.д., то надежды возлагаются, в основном, на логико-лингвистические модели. Взаимопроникновение интеграционных процессов ИИ и педагогика выразилось в ИОС, а также в *обучающих* ИЭС, (которые могут рассматриваться как подкласс ИЭС), в необходимости введения дополнительных средств, позволяющих поддерживать *модель обучаемого*, в соответствии с которой педагог на стратегическом уровне определяет текущую подцель обучения, а также средств, реализующих конкретную *модель обучения* в виде *совокупности учебных воздействий* на тактическом уровне, и обеспечивающих преподавателю возможность наблюдения за действиями обучаемого и оказания ему необходимой помощи (*модель учителя* рассматривается как факультативная или же заменяется моделью эталонного курса дисциплины).

Примеры подобных систем могут быть найдены в ранних работах автора [34,35], когда

была создана целая серия обучающих ИЭС типа: КОНВАКС-УЧИТЕЛЬ [36-38] для поддержки курса по специальной инженерной дисциплине, связанной с конструированием объектов машиностроения; МАРКЕТ-УЧИТЕЛЬ [39] для обучения маркетингу; ПРИИУС-УЧИТЕЛЬ [40] для использования в качестве обучающего тренажера при проектировании специализированных электрофизических комплексов; ТЕРРА-УЧИТЕЛЬ [43] – обучающий тренажер по экологии и др.

Отметим, что слабая разработка педагогических и психологических теорий получения знаний, формирования понятий и построения умозаключений и др. проблемы, не оправдали желаемого эффекта от ИОС, в связи с чем в середине 90-х возникло определенное разочарование, которое затем сменилось оптимизмом в свете Интернет-эволюции, появления *сетевых адаптивных* ИОС, являющимися наследниками ИОС, и веб-ИОС [3].

Таким образом, выделим два важных аспекта: с одной стороны, ИИ многое привнес в область обучающих систем (ЭС, мета-ЭС, интел-

лектуальные интерфейсы, когнитивные уровни в обучении и т.п.); а с другой - многие прикладные ЭС, разработанные для различных приложений в медицине, экологии, экономике, проектировании и др., на практике часто используются не по прямому назначению (режим консультации), а для учебно-тренажерных целей, эффективно обеспечивая поддержку учебного процесса по соответствующим специальностям.

2. Анализ моделей обучаемого и обучения и особенностей их реализации

Наибольшее разнообразие в традиционных ИОС и современных веб-ИОС наблюдается именно в *моделях обучаемого*, поскольку еще со времен пионерских работ П.Л. Брусиловского [6,44], В.А. Петрушина [8,26] и др. было показано, что для поддержки эффективности обучения в ИОС необходимы знания о предмете обучения, о стратегиях и методах обучения, знания об обучаемом, которые выделяются эксплицитно и реализуются с помощью различных методов и технологий ИИ. За этот период было предложено большое число подходов, точек зрения, конкретных моделей и формализмов для представлений знаний об обучаемом, используемых для организации процесса обучения [3-8,15,22,23,26,34-40,44-48] и значительно меньше для учета *личностных характеристик* обучаемых.

Как показано в [45], моделирование знаний об обучаемом преследует три основных цели - установление того «каков он есть» (так называемая *поведенческая модель*, реализуемая на основе задачи диагностики), «каким его хотим видеть» (стандартная нормативная модель, включающая требования к личностным качествам будущих специалистов и используемая для сравнения с текущей поведенческой) и «каким он может стать» (например, в свете модели компетенций). Иногда в нормативную модель обучаемого включают предметное *знание* и *умение* по конкретной дисциплине/курсу или рассматривают *пятикомпонентную* предметную модель как часть нормативной модели [45] и т.п.

Важнейшим преимуществом *веб-обучения* является возможность его проведения откуда угодно, в любое время, с любого компьютера и без

преподавателя. Однако общий подход к обучению, не учитывающий индивидуальные особенности обучаемого, не позволяет в полной мере воспользоваться всеми возможностями веб-технологиями, поэтому наиболее развитые веб-ИОС содержат модель обучаемого. Для реализации модели обучаемого используются различные архитектуры. В большинстве веб-ИОС модель обучаемого хранится на стороне сервера, но основные решения по поводу обучения принимаются клиентским приложением [3].

Наиболее интересная архитектура - веб-ИОС F-SMILE [12] отличается оригинальным для ИОС решением, представляя собой *много-агентную систему*, состоящую из пяти совместно работающих агентов, обеспечивающих мониторинг обучаемых и предоставление каждому из них индивидуализированных советов и необходимого обучения. Все агенты работают локально на компьютере обучаемого, а управляющий агент обеспечивает взаимодействие с веб-сервером для моделирования обучаемого. В качестве учебной дисциплины в данной системе рассматривается обучение работе с файловым хранилищем.

Если рассматривать уровень автоматизации процессов выявления *умений* обучаемого, то здесь наблюдаются достаточно скромные результаты, за исключением инструментальных систем семейства МОНАП [9-11], в составе которых разработаны средства поддержки *оверлейной модели умений* [9]. На основе этой модели осуществляется адаптивное управление обучаемым, заключающееся в выдаче ему на каждом шаге обучения по результатам решения учебной задачи релевантного учебного материала оптимальной трудности и сложности, который изложен в электронном учебнике.

Рассмотрим некоторые особенности реализации *модели обучения* в части использования обучающих воздействий типа «чтение ГТ-учебника» и «тренинг с ЭС» [34-36,48]. В случае использования обучающего воздействия «чтение ГТ-учебника» успех во многом зависит от *мотивации* обучаемого и его самодисциплины. Кроме того, несмотря на то, что ГТ-учебник позволяет исследовать большие объемы информации, однако проверить правильность и адекватность полученных знаний не представляется возможным, т.е. не хватает механизмов логического вывода, необходимых

для оценки действий обучаемых. Отсюда очевидна необходимость интеграции ЭС и ГТ в рамках ИЭС, как это было показано в ранних работах автора [48 и др.].

Особое место занимает реализация модели обучения за счет использования обучающего воздействия типа «тренинг с ЭС». Можно привести «за» и «против», связанные с использованием ЭС в *чистом виде* для целей обучения. Прежде всего то, что ЭС является достаточно слабым «инструктором», поскольку создается для решения неформализованных задач (НФ-задач) и осуществляет *генерацию* решений, вместо того, чтобы направлять усилия обучаемого на самостоятельный поиск решения. Для работы с ЭС в режиме консультации обучаемому требуется достаточно мощная мотивация, чтобы обучаться, анализируя логическую цепочку вывода. Кроме того, создание и поддержка ЭС требует много ресурсов (временных, финансовых, наличия экспертов и т.д.). Однако концепция ЭС включает в себя значительно больше, чем представление и обработка знаний о Про – здесь обеспечивается возможность проверки действий обучаемого с *динамической* обратной связью в процессе обучения для избежания ошибочных выводов, а также использование *отложенной* обратной связи для периодической оценки знаний обучаемого, причем оба процесса можно проводить неоднократно [41].

С точки зрения разработок и использования *моделей эталонных курсов/дисциплин*, то здесь не наблюдается особого разнообразия в предлагаемых подходах, поскольку описание структуры учебного курса/дисциплины во многом зависит от специфики используемых методик и алгоритмов обучения, личностных характеристик преподавателя, требований образовательных стандартов и т.д.

Однако есть некоторые общие проблемы, которые плохо решаются в традиционных ИОС, связанные с тем, что преподавателю трудно четко сформулировать содержание нового курса/дисциплины и дорабатывать его, не имея информации об оценке курса обучаемыми. Преподаватель не может осуществлять текущий мониторинг обучаемого, и как следствие – давать оперативные рекомендации по методике использования учебных средств. Для решения указанных проблем предлагались под-

ходы [46, 47], связанные, например, с созданием так называемого *обучаемого пространства курса*, модель которого включает в себя описание учебных целей содержания курса и учебных материалов.

В современных работах по ИОС, за исключением [49, 50], практически отсутствуют исследования, связанные с формированием *модели компетенций* обучаемого [51], отражающей его способности применять знания и личностные качества для успешной деятельности в конкретной профессиональной области, что является новым процессом в рамках создания и использования как ИОС, так и обучающих ИЭС и веб-ИЭС.

Эта модель может рассматриваться, как новый динамический компонент модели обучаемого, тесно связанный, с одной стороны, с психологическим портретом личности, а с другой – отражающий результаты использования конкретных обучающих воздействий, как это предложено, например, ЗОМ [52].

Рассматривая особенности программной реализации моделей обучаемых, следует отметить важное место, которое занимают в веб-ИОС и веб-ИЭС системы, поддерживающие *веб-тестирование* обучаемых для выявления текущего уровня знаний обучаемых. Если обратиться к истории ИОС, то контрольное тестирование является наиболее широко используемым средством проверки знаний обучаемых, поэтому тестирующие и опрашивающие компоненты были первыми компонентами, примененными в веб-обучении. Исчерпывающий обзор современных технологий веб-тестирования в дистанционном обучении можно найти в работах П.Л. Брусилковского [3], которым в Технологическом университете Д. Карнеги была создана также комплексная методика сравнения доступных систем. Нечто похожее для оценки качества программных комплексов дистанционного обучения было разработано в России [53].

Классический тест представляет собой последовательность вопросов, классифицирующихся чаще всего *по типам* ожидаемых ответов, а именно: «да/нет», «много вариантов/один ответ», «много вариантов/много ответов», а так же вопросы открытого типа с текстовым или числовым ответом, вопросы несоответствия на правильную последовательность, на указание на рисунке, графические вопросы и т.п. Ответы

должны быть формально проверены и оценены в соответствии с используемыми методиками *оценивания*, которых существует огромное разнообразие, например [42] и др. Поэтому веб-инструментарий для ИОС и ИЭС должен включать специальные средства, поддерживающие весь ЖЦ тестирования, т.е. подготовки вопроса, выдачи вопросов и оценки ответов.

Для хранения вопросов во внутреннем формате (обычно в виде HTML-формы) и автоматической генерации опросов в современных ИОС предложено много различных вариантов, наиболее перспективным из которых является *адаптивная выдача вопросов*, базирующаяся на оверлейной модели обучаемого, в которой отдельно представлены знания обучаемым различных понятий и разделов курса/дисциплины. Большинство известных ИОС обеспечивают генерацию вопросов и тестов, адаптированных к уровню знаний обучаемого.

Для получения ответов обучаемого в современных ИОС используется в основном пять интерактивных технологий: HTML-ссылки, HTML/CGI-формы, скриптовые языки, внедрение (plug-in) и Java. Следует отметить, что самый высокий уровень выдачи вопросов обеспечивается Java, поскольку Java является языком программирования, разработанным для интеграции с функциональными возможностями браузера и Интернет.

Что касается поддержки технологий, связанных с *оцениванием* ответов обучаемых, то здесь чаще всего правильные и неправильные ответы готовятся в процессе создания системы,

поэтому оценка является либо жестко встроенной в вопрос типа «много вариантов/один ответ», либо в вопросах открытого типа осуществляется путем простого сравнения. Значительно реже используются специальные программы (для реализации сложных вычислений) или привлекается эксперт ПрО, запускаемый на стороне сервера с CGI-шлюзом.

3. Модели и методы построения обучающих ИЭС на основе задачно-ориентированной методологии

3.1. Эвристическая модель «типовой задачи обучения»

Задача обучения является наименее формализованной в классе рассматриваемых в ЗОМ «типовых задач» [21], что связано со слабой разработкой педагогических и психологических теорий получения знаний, формирования понятий, построения умозаключений и др. проблемами. Однако НФ-задача обучения может быть легко декомпозирована на последовательность более простых задач, таких как *диагностика, интерпретация, планирование, проектирование*, следующих друг за другом в четко определенном порядке, что позволило автору уже в ранних работах середины 90-х годов [21-24, 48] предложить новый подход к построению обучающих ИЭС как частного случая ИЭС, связав решение перечисленных задач с построением соответствующих моделей – обучаемого (диаг-



Рис. 2. Эвристическая модель задачи обучения

ностика), обучения (планирование, проектирование), объяснение (интерпретация).

Поэтому с точки зрения концепции ЗОМ рассмотрение эвристической модели типовой задачи обучения M_T включает построение трех следующих подмоделей (Рис.2): модель обучаемого ($M1$), модель обучения ($M2$), модель объяснения ($M3$). Отметим сразу, что модель ПрО, которую иногда относят к модели задачи обучения, рассматривается в данном случае исключительно в рамках традиционной ЭС. Возможным развитием модели M_T является факультативное включение модели учителя – эти вопросы рассматриваются далее в контексте использования некоторой эталонной модели M_e .

Модель обучаемого ($M1$). Классификация существующих видов моделей $M1$ в соответствии с [26] приведена на Рис.3, среди которых выделены *фиксирующие* и *имитационные* модели обучаемого. Первые представляют собой набор величин, характеризующих состояние *знаний* и *умений* обучаемого, а вторые - воссоздают представления обучаемого об изучаемой ПрО и его механизмы решения задач. Простейшим вариантом модели $M1$ фиксирующего типа является *оверлейная векторная* модель, которая каждому изучаемому понятию и/или умению ставит в соответствие элемент, принимающий значения «знает/не знает», поэтому состояние знаний обучаемого определяется набором значений элементов вектора. Преимуществом векторной модели является ее простота, а недостатком – то, что она не только не отражает когнитивные процессы и методы решения задач обучаемого, но и игнорирует связи между понятиями. Конкретные реализации векторной модели $M1$ описаны автором в работах [34-37]. Более гибкой формой модели $M1$ является *сетевая оверлейная* модель, представляющая со-

бой граф, узлы которого соответствуют понятиям и/или умениям, а дуги - отношениям между ними. Каждому узлу и дуге сопоставляется некоторая величина или набор величин, характеризующих степень владения обучаемым данным понятием или умением, причем допускается наследование величин. Таким образом, модель $M1$ включает следующие компоненты: в простейшем случае – учетную информацию об обучаемом (фамилия обучаемого, номер учебной группы, дата работы (P_l и пр.), а в более сложных – психологический портрет личности обучаемого (P_h) в соответствии с [54]; начальный уровень знаний и умений обучаемого ($M^{нач}_{обуч}$); заключительный уровень знаний и умений обучаемого ($M^{кон}_{обуч}$); алгоритмы выявления уровней знаний и умений обучаемого (A); алгоритмы психологического тестирования для выявления личностных характеристик, на основании которых формируется психологический портрет личности обучаемого (A_{ph}). Под термином «знания», в соответствии с О.И. Ларичевым, понимается теоретическая подготовленность обучаемого (*декларативные знания*), а под термином «умения» - умение применять теорию при решении практических задач (*процедурные знания*).

Для реализации алгоритмов A и A_{ph} при формировании модели $M1$ использован следующий набор процедур тестирования обучаемого: процедура ввода исходной информации (контрольных вопросов, вектора правильных ответов и весовых коэффициентов по каждому вопросу); процедура вывода вопросов и вариантов ответов в процессе проведения контроля знаний; процедура формирования оценки; процедура вычисления итоговой оценки. Модель $M1$ содержит информацию о состоянии знаний обучаемого (модели $M^{нач}_{обуч}$, $M^{кон}_{обуч}$) — как об-

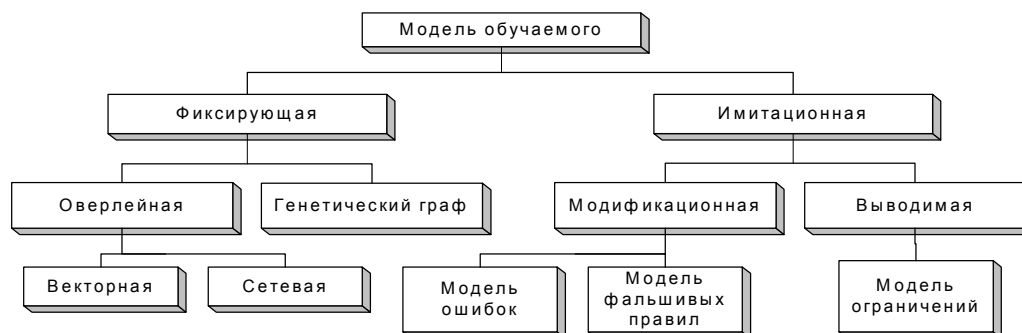


Рис. 3. Классификация моделей обучаемых [26]

щие, интегрированные характеристики, так и те, которые отражают усвоение им текущего учебного материала.

В общем виде сетевая модель обучаемого представляет собой конечный ориентированный граф, который может быть описан в виде $M_{\text{обучаемого}} = \langle V, U \rangle$, где $V = \langle V^1, V^2 \rangle$ – множество вершин, которые в свою очередь делятся на $V^1 = \{v^1_1, \dots, v^1_n\}$ – множество изучаемых понятий, n – количество изучаемых понятий, элемент $v^1_i = \langle N, T, W \rangle$, $i = 1, \dots, n$, где N – изучаемое понятие; $T = (0, 1)$, принимает значения знает/не знает; $W = (0, \dots, 10)$ – вес вершины; $V^2 = \{v^2_1, \dots, v^2_m\}$ – множество умений, относящихся к данной модели, m – количество соответствующих умений, элемент $v^2_j = \langle N, T, W \rangle$, $j = 1, \dots, m$, где N – изучаемое умение; $T = (0, 1)$, принимает значения умеет/не умеет; $W = (0, \dots, 10)$ – вес вершины; $U = \{uj\} = \langle V_k, V_l, R \rangle$, $j = 1, \dots, m$ – множество связей между вершинами, где V_k – родительская вершина; V_l – дочерняя вершина; $R = \{R_z\}$ – тип связи; $z = 1, \dots, Z$, где R_1 – связь типа «часть-целое» (агрегация), показывает, что понятие/умение дочерней вершины является частью составного понятия/умения родительской вершины, причем если $V_k \in V^1$, то и $V_l \in V^1$; R_2 – связь типа «ассоциация», означает, что для владения понятием/умением родительской вершины необходимо владеть понятием/умением дочерней вершины; R_3 – «слабая» связь, т.е. для владения понятием/умением родительской вершины владение понятием/умением дочерней вершины желательно, но не является необходимым.

Для формирования сетевой MI на ранних стадиях исследования был реализован достаточно несложный метод подсчета общей суммы баллов за предварительное тестирование: проверялось знание понятия либо владение умением только концевых вершин; балл за каждый конкретный вопрос (задание) начислялся равным произведению $w_i * t_i$, т.е. веса вершины i на параметр, фиксирующий выполнение/ невыполнение задания вершины i ; неконцевая вершина считается зачтенной, если выполнялось следующее условие: сумма всех зачтенных вершин, дочерних по отношению к данной, больше половины суммы всех ее дочерних вершин (в этом случае вес данной вершины прибавлялся к общей сумме баллов); если вершина V_1 связана с вершиной V_2 связью типа «ассоциа-

ция» и если вершина V_1 зачтена, а вершина V_2 не зачтена, то из общей суммы баллов вычитался вес вершины V_1 ;

Однако проведенные эксперименты показали, что данный алгоритм достаточно слабо выявлял корреляцию между отдельными темами/подтемами конкретного курса, для которого формируется модель MI , в соответствии с чем было введено понятие иерархической структуры курса, формируемой на основании анализа учебных планов по соответствующим курсам/дисциплинам.

В настоящее время разработана библиотека оценочных алгоритмов, гибко использующихся при проведении тестирования обучаемых в зависимости от специфики курса/дисциплины и контингента обучаемых. Например, эффективно применяется метод, основанный на сбалансированной оценке Т. Робертса [42] для вопросов закрытого типа и дополненный возможностью произвольного задания степени строгости оценивания, а также взвешиванием вопросов коэффициентами сложности, получаемыми на основе экспертной оценки. Под сбалансированностью в данном случае понимается независимость математического ожидания оценки от числа правильных и неправильных ответов, полученных на этот вопрос случайным образом.

Для формирования модели обучаемого MI используется эталонная модель M_e , соответствующая уровню знаний преподавателя о конкретном разделе изучаемого курса, с которой будут сравниваться получаемые на этапе построения MI результаты. Формально, эталонная модель M_e как и сетевая модель обучаемого представляет собой ориентированный граф, т.е. совокупность вида $M_e = \langle V_e, U_e \rangle$, где V_e – множество вершин, которые можно представить как $V_e = \{v_{ei}, \dots, v_{en}\}$, описывающих множество изучаемых тем в разделе P_j , n – количество изучаемых тем; каждый элемент $v_{ei} = \langle T, W, Q \rangle$, $i = 1, \dots, n$, где T_i – изучаемая тема текущего раздела P_j ; $W = [0, \dots, 10]$ – вес вершины v_{ei} текущего раздела P_j ; Q – множество вопросов, представимое в виде $Q = \langle F, S, I \rangle$, где F – формулировка вопроса, $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ – множество ответов, I – идентификатор правильного ответа; $U = \{uj\} = \langle V_k, V_l, R \rangle$, $j = 1, \dots, m$ – множество связей между вершинами, где V_k – родительская вершина; V_l – дочерняя вершина; R – тип связи; $R = \{R_z\}$, $z = 1, \dots, Z$, R_1 – связь типа

«часть-целое» (агрегация), означает, что дочерняя вершина является частью родительской вершины; R_2 – связь типа «ассоциация», означает, что для владения понятием родительской вершины необходимо владеть понятием дочерней вершины; R_3 – «слабая» связь, означает, что для владения понятием родительской вершины владение понятием дочерней вершины желательно, но не является необходимым.

Процесс формирования M_e можно представить в виде следующей последовательности действий:

- формирование списка тем для каждого раздела курса/дисциплины, для которого формируется M_e и взвешивание всех тем с помощью весового коэффициента W ;
- формирование вопросов к темам, т.е. выбор подмножества тем, для которых будут заданы вопросы, и построение формулировок вариантов ответов к ним с фиксацией правильного варианта ответа (ответов);
- формирования связей между темами на основе использования разработанного в ЗОМ адаптивного метода репертуарных решеток (АМРР) [21,24], т.е. выявление преподавателем-предметником конструкторов K_i (отличительных признаков), оценка по шкале $[0, 100]$ всех тем текущего раздела по выявленным конструкторам.

Динамическое построение сетевой модели обучаемого MI осуществляется путем сравнения текущей MI с предварительно построенной преподавателем эталонной моделью M_e . Важно отметить что на этом этапе наряду с выявлением уровня знаний и умений осуществляется построение психологического портрета личности. В ранних исследованиях по созданию обучающих ИЭС психологический портрет учитывал только такие личностные характеристики как тип мышления – интуитивный/логический, для выявления которых использовались объединенные тесты В.В. Гуленко и Е.С. Филатовой [7], затем диапазон личностных характеристик был расширен.

В настоящее время специальная БД комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ насчитывает около пятидесяти именных тестов для выявления личностных характеристик обучаемого. Для формирования психологического портрета личности перед этапом формирования текущей модели обучаемого преподавателю предлагается скомпоновать набор тестов для выявления

необходимых в данном случае личностных характеристик. Расширение диапазона личностных характеристик психологического портрета личности и использование их в алгоритмах построения моделей обучаемого и обучения позволяет более полно учитывать индивидуальные особенности обучаемого и формировать более эффективные стратегии обучения студентов образовательных учреждений.

Предусмотрено проведение двухэтапного тестирования обучаемого с целью выявления текущего уровня знаний, а именно: тестирование по темам, где обучаемому предлагается ответить на тест, составленный из выбранных преподавателем вопросов Q_k к темам раздела v_{ei} ; тестирование на отличительные признаки тем, когда обучаемому предлагается оценить все темы v_{ei} по выявленным преподавателем конструкторам K_l .

Множество ответов, полученных при тестировании, сравнивается с элементом Q_k модели M_e и выявляется тип связи R_z между темами v_{ei} , на основе чего формируется текущая модель MI . Производится формирование оценки за конкретную тему (вершину) по одной из определенных преподавателем методик, а затем выявляются связи между темами v_{ei} с помощью специальной процедуры генерации признаков, на основе чего происходит означивание конкретных вершин и связей в графе, с помощью которого описана сетевая модель обучаемого, т.е. формируется текущая модель обучаемого MI . Поскольку в применяемом методе оценивания в контрольных тестах используются вопросы q_i из разных тем, то сначала выбирается подмножество вопросов \tilde{Q} множества Q , относящихся к конкретной теме T_j , а соответствующая итоговая оценка R_j складывается из оценок по каждому вопросу R_i , взвешенному коэффициентом сложности C_i , с последующим отображением на отрезок $[0,1]$.

$$R_j = \frac{\sum_{i \in \tilde{Q}} R_i \cdot C_i}{\sum_{i \in \tilde{Q}} C_i},$$

где R_i – оценка за вопрос q_i ;

C_i – коэффициент сложности вопроса q_i ;

\tilde{Q} – подмножество вопросов, относящихся

к теме T_j ; $\tilde{Q} \subset Q$;

R_j – итоговая оценка за конкретную тему T_j ;
 $Q=\{q_i\}$ – множество всех вопросов, $i=1 \dots n$;
 $T=\{T_j\}$ – множество всех тем, $j=1 \dots m$;
 $R=\{R_j\}$ – множество всех оценок за темы,
 $j=1 \dots m$.

Модель обучения (M2). В общем случае, модель обучения содержит знания о планировании и организации (проектировании) процесса обучения, общих и частных методиках обучения, поэтому предложенная модель $M2$ включает следующие компоненты: совокупность моделей MI ; совокупность стратегий обучения и обучающих воздействий; функцию выбора стратегий обучения или генерации стратегий обучения в зависимости от входной модели MI (для адаптивной модели $M2$).

Отметим при этом, что управление обучением осуществляется на основе некоторого плана, который либо выбирается из библиотеки планов (стратегий обучения), либо генерируется автоматически на основе параметров MI , причем каждая стратегия обучения состоит из определенной последовательности учебных воздействий. В качестве учебных воздействий могут быть: комментарии; тестовые задачи; тренинг с ЭС; объяснения полученных результатов; фрагмент ГТ; подсказка; локализация ошибочных действий; контроль правильности решения и др. Каждая стратегия обучения характеризуется своим набором и порядком применения учебных воздействий, содержание которых определяется степенью конкретизации поставленной задачи, зависящей от уровня знаний и умений обучаемого, его психологического портрета, т.е. от модели MI . Функция выбора стратегии обучения обеспечивает настройку на соответствующую стратегию обучения в зависимости от состояния модели MI , а входными параметрами для этой функции являются: начальный уровень знаний и умений обучаемого, а также тип сценария диалога, зависящий от уровня знаний и умений обучаемого и вида учебного материала.

Теоретико-множественное описание адаптивной модели $M2$ представляет собой совокупность вида $M2 = \langle MI, S, I, F \rangle$, где $MI = \{MI_1, \dots, MI_n\}$ – множество текущих моделей обучаемого; $S = \{S_1, \dots, S_m\}$ – множество стратегий обучения S_i , $i = 1 \dots m$, в виде упорядоченных подмножеств множества обучающих воздействий для той или иной модели обучае-

мого; $I = \{I_1, \dots, I_z\}$ – множество обучающих воздействий I_j , где $I_j = \{t_k i_l\}$ t_k – тип обучающего воздействия, а i_l – содержание воздействия, $j=1, \dots, z$, $k=1, \dots, c$, $l=1, \dots, v$; F – функции (алгоритмы) генерации стратегий обучения в зависимости от входной модели обучаемого, т.е. $M2=F(MI, Me, I)$, где Me – эталонная модель курса (дисциплины), заданная преподавателем.

Рассмотрим некоторые особенности формирования адаптивной модели $M2$. Генерация стратегии обучения s_i происходит путем сравнения текущей модели обучаемого MI_i с эталонной моделью курса Me . В процессе сравнения двух моделей из множества обучающих воздействий I формируется подмножество воздействий \tilde{I} ($\tilde{I} \subset I$), изучение которых необходимо для успешного обучения. Затем производится анализ психологического портрета личности обучаемого, на основании которого осуществляется упорядочивание данного подмножества \tilde{I} , т.е. в первую очередь будут применяться те обучающие воздействия, изучение которых дается обучаемому легче. На этом процесс формирования $M2$ заканчивается и начинается процесс обучения в соответствии с s_i , который продолжается до так называемого «рубежного контроля» (тип I_j), после чего осуществляется переход на следующую ступень итерации с модернизацией модели MI и адаптацией под нее модели $M2$. Процесс продолжается до достижения необходимого уровня усвоения обучаемым материала.

Обучающее воздействие I_j можно представить в виде $I_j = \{t_k, i_l\}$, где t_k – тип обучающего воздействия, а i_l – содержание воздействия, $k=1 \dots c$, $l=1 \dots v$. В свою очередь тип обучающего воздействия можно представить в виде: $t = \langle N, H, P, W, In \rangle$, где N – название обучающего воздействия; $H = \{h1, h2\}$ – характер обучающего воздействия: $h1$ – теоретическое освоение материала, $h2$ – практическое освоение материала; $P = \{0, \dots, 10\}$ – показатель восприимчивости например, (показывает для какого типа мышления больше подходит обучающее воздействие): 10 – логический тип, 0 – интуитивный; $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ – степень важности (показывает насколько важно, чтобы обучаемый усвоил данный материал); $In = \{lo, in\}$ – степень интегральности воздействия (область применимости воздействия), где lo – воздействие связано только с соответствующей темой, in – воз-

действие охватывает положения, рассматриваемые в предыдущих единицах учебного материала.

В свою очередь содержание обучающего воздействия i представляет собой конкретный вид обучающего воздействия: $i = \{Ch, Pr, Tr, Ex, Pa\}$, где $Ch = \{M_1, M_2\}$ – глава ГТ-учебника, где M_1 – HTML-модель ГТ, M_2 – XML-модель ГТ; $Pr = \{S, R\}$ – презентация; $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ – способ представления информации: S_1 – последовательность ГТ-страниц (ГТ-модель), S_2 – видеоролик (avi, mpeg), S_3 – исполняемый файл (exe); $R = \{n, y\}$ – возможность возврата к предыдущему «экрану» (если презентация создается с помощью встроенного редактора): n – нет возможности возврата, y – возможность возврата предусмотрена; Ex – тренинг с ЭС; $Tr = \langle D_a, C, V, V_u, O_v, Pa \rangle$ – учебно-тренировочная задача, где D_a – исходные данные, C – ограничения, которые должны быть учтены при выполнении УТЗ, V – правильные ответы, $V_u = \{V_1, \dots, V_n\}$ – описание способа ввода результата, где V_1 – численное значение или интервал, V_2 – набор альтернативных вариантов, V_3 – набор вариантов, V_4 – заполнение пропусков в текстах, V_5 – выбор компонентов решения из перечня, V_6 – маркировка текста, V_7 – построение связей между элементами графического представления; O_v – функция оценивания результата $O_v(V_s, V) \rightarrow R$, где R – множество оценок, V_s – введенный результат; $Pa = \{Pa_1, \dots, Pa_n\}$ – работа с ППП расчетного и графического характера: Pa_i – конкретный вид ППП, интеграцию с которым поддерживает комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, например, Pa_1 – Калькулятор, Pa_2 – Excel, Pa_3 – MathCad, Pa_4 – Photoshop и др.

Опыт использования ЗОМ и комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для разработки целого ряда обучающих ИЭС показал необходимость дальнейшего развития модели $M2$ до уровня адаптивной, поскольку адаптивная модель обучения является более гибкой и адекватной моделью, т.к. учитывает индивидуальные особенности обучаемого на всех этапах передачи знаний. Разработка алгоритмической базы в этом случае связана с реализацией совокупности процедур генерации и динамической модификации стратегий обучения, представляющих собой упорядоченную последовательность вышперечисленных обучающих воздействий, эффективных на данном этапе обучения.

В качестве примера рассмотрим процедуру формирования конкретной стратегии обучения на основе учета таких личностных характеристик как *внимание*, *воля* и *темперамент*. Для этой цели на этапе выявления начального уровня знаний каждому обучаемому предлагается пройти тестирование на основе использования теста Айзенка, зарегистрированного в специальной БД комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, по завершению которого на вход компонента формирования стратегий обучения поступают конкретные значения параметров «внимание» (такие как *переключаемость* или *рассеянность*), «воля» (например *целеустремленность* или *инициативность*) и «темперамент» (например *сангвиник*).

Если параметр «внимание» принимает значение *рассеянность* и параметр «темперамент» принимает значение *холерик* или *меланхолик*, то в стратегию обучения добавляется обучающее воздействие «Презентация». Если параметр «темперамент» принимает значение *холерик* и параметр «воля» принимает значение *целеустремленность* или *решительность*, то с коэффициентом 0.95 (экспертная оценка) *сеанс обучения* равен одному академическому часу. Если параметр «внимание» принимает значение *рассеянность* и параметр «темперамент» принимает значение *сангвиник*, то с коэффициентом 0.75 (экспертная оценка) в стратегию обучения добавляется обучающее воздействие «Чтение ГТ-учебника». Если параметр «темперамент» принимает значение *сангвиник* и параметр «воля» принимает значение *энергичность*, то с коэффициентом 0.75 (экспертная оценка) в стратегию обучения добавляется обучающее воздействие «Тренинг с ЭС».

Модель объяснения (M3). Модель $M3$ разрабатывалась исходя из того, что существующие способы реализации методов объяснения в традиционных ЭС не в полной степени удовлетворяют целям обучения, в частности, моделям $M1$ и $M2$, поэтому текущая версия модели $M3$, ориентированная на продукционные модели представления знаний, включает следующие компоненты:

$M3_G$ – целевые процедуры, обеспечивающие объяснение хода решения задачи путем генерации на экране дисплея текстов объяснений, содержащих описания правил, использованных в выводе (записанные объяснения), а

также локализацию ошибок обучаемого при решении текущей задачи;

$M3_D$ – процедуры детальности объяснения, позволяющие в зависимости от уровня знаний обучаемого визуально иллюстрировать ход решения задачи с разной степенью детализации;

$M3_A$ – алгоритмы интерпретации результатов процессов выявления *умений* обучаемого реализовывать механизмы прямого/обратного вывода, включая возможность предоставления дополнительной информации об объектах ПрО и их связях.

Таким образом, модели $M1$, $M2$ и $M3$ в совокупности с моделью ПрО, получаемой на основе КМПЗ, полностью специфицируют типовую задачу обучения с помощью конкретных процедур и функций, а также указывают на наличие определенных взаимосвязей, причем с различной глубиной вложенности (например, использование фрагментов ГТ и выполнение специальных вычислений при формировании той или иной стратегии обучения).

3.2. Перспективы использования задачно-ориентированной методологии для реализации компетентностного подхода к обучению

Технологию веб-ИЭС можно достаточно эффективно использовать для реализации таких современных новаций в образовании как применение *компетентностного подхода* к обучению [55], в том числе на основе управления знаниями [49], так как в рамках ЗОМ создаются обучающие ИЭС и веб-ИЭС, обеспечивающие возможности *индивидуализации* и *интеллектуализации* процессов обучения за счет расширения архитектуры традиционных ЭС компонентами, поддерживающими совокупность эвристических моделей обучаемого ($M1$), обучения ($M2$), объяснения ($M3$), эталонного курса (Me) и др.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на эволюцию базовых моделей, отражавших традиционный *квалификационный подход* к организации учебного процесса (т.е. что должен *знать*, *уметь*, и какими *навыками владеть* выпускник ВУЗа в профессиональной области), в сторону *компетентностного подхода*, учитывающего кроме всего прочего и *способности* обучаемых применять

знания, умения и *личностные качества* для успешной профессиональной деятельности.

В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы, связанные с построением «психологический портрет личности», а также с эффективным учетом личностных характеристик обучаемого при построении модели $M2$, поскольку это напрямую связано с реализацией *компетенций*, определяющих, по сути, набор видов деятельности, которые должен осуществлять обучаемый в будущем.

В целом психологический портрет личности включает совокупность определенных личностных характеристик: восприятие, внимание, память, воображение, мышление, воля, направленность, способности, темперамент, характер, а также когнитивные стили (импульсивность/рефлексивность, узкий/широкий диапазон эквивалентности, полезависимость/ полнезависимость, ригидность/гибкость, конкретность/ абстрактность, когнитивная простота/сложность, сглаживание/заострение, толерантность/ неустойчивость и т.д.). Для выявления каждой из этих личностных характеристик в настоящее время существует большое число различных психологических тестов, опросов, анкетирования, имеются специальные сайты и т.д.

Характерно, что и в инженерии знаний важное место также уделяется психологическому аспекту, связанному с процессами извлечения знаний, поскольку именно он определяет успешность и результативность взаимодействия инженера по знаниям с основным источником знаний – экспертом. В работах Т.А. Гавриловой [56] предлагается, например, учитывать целый ряд личностных характеристик при определении так называемой «идеальной пары» инженер по знаниям – эксперт для организации эффективной коллективной работы при создании БЗ.

В рамках ЗОМ при построении базовых эвристических моделей, в частности, модели $M1$ предусмотрен учет влияния личностных характеристик (например, склонности обучаемого к определенному способу мышления – логическому или интуитивному) на адаптивную модель обучения. Суть этого процесса заключается в динамической модификации *стратегии обучения* в соответствии с текущей моделью $M1$, т.е. осуществляется подбор и упорядочивание наиболее эффективных на данном этапе *обучающих воздействий* с учетом выявленных

личностных характеристик. В настоящее время проводятся исследования, связанные с расширением класса личностных характеристик и реализаций соответствующих тестов для их выявления, с целью максимального учета параметров психологического портрета личности как при построении модели $M1$, так и при формировании совокупности обучающих воздействий в рамках модели $M2$.

Другим не менее важным направлением исследований при создании обучающих веб-ИЭС является алгоритмизация процессов формирования (на базе достаточно развитых моделей обучаемого и обучения) моделей нового типа – это модели требуемых для каждого специалиста *компетенций* в конкретной области профессиональной деятельности. Как показано в большинстве работ на эту тему, например [51,55], финальным результатом обучения в системе высшей школы в контексте Болонского процесса понимается совокупность компетенций (их элементов), сигнализирующих о том, что будет *знать, уметь* (т.е. продемонстрировать) обучаемый (студент, слушатель) по завершению процесса обучения по конкретной образовательной программе (модулю).

В связи с этим особую важность приобретают вопросы построения как моделей компетенций будущих специалистов, так и моделей компетенций преподавателей образовательных учреждений [51]. И здесь, в первую очередь, также может пригодиться значительный опыт, накопленный в инженерии знаний, связанный с методами организации взаимодействия экспертов и инженеров по знаниям в процессе извлечения знаний для построения моделей конкретных Про [41, 56].

Поскольку в настоящее время специалистами предложены разные подходы к определению, интерпретации и классификации компетенций, то непосредственными задачами в рамках дальнейшей эволюции моделей, используемых для построения обучающих веб-ИЭС, являются:

- селективный отбор на каждой стадии обучения в рамках каждой специальности тех знаний, навыков и умений, которые должны приобрести обучаемые (развитие моделей эталонных курсов до моделей преподавателя);
- усовершенствование методик контроля, тестирования и оценивания, используемых как

с целью построения моделей обучаемых, так и по завершению обучения;

- эффективный учет личностных характеристик обучаемых при выборе и формировании обучающих стратегий и воздействий;
- разработка специальных *корректирующих* обучающих воздействий, направленных на развитие отдельных личностных характеристик обучаемого;
- использование дополнительного (повторного) обучения на основе выявленных пробелов в знаниях и умениях и другие.

3.3. Особенности программной реализации средств построения элементов обучающих ИЭС

Процесс создания обучающих ИЭС включает следующие основные этапы: формирование M_e , построение $M2$ и формирование $M1$, причем первые два этапа происходят в *режиме работы преподавателя* (DesignTime), а последний этап - в *режиме работы с обучаемым* (RunTime). На Рис.4 представлена общая архитектура подсистемы поддержки построения обучающих ИЭС средствами базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ третьего поколения, включая средства взаимодействия подсистемы с другими ПС комплекса. Подсистема поддержки построения обучающих ИЭС состоит из двух компонентов, представляющих собой отдельные СОМ-объекты. Совместная работа данных компонентов в среде комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ осуществляется при использовании механизмов взаимодействия, реализованных в ядре комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Отдельные компоненты подсистемы общаются между собой и с остальными подсистемами комплекса посредством обмена текстовыми сообщениями на ограниченном подмножестве языка XML через брокер, расположенный в системных средствах.

Обращение к компонентам осуществляется посредством активации соответствующей задачи планировщика (сформировать структуру курса, создать тест, сформировать стратегию и т.д.), расположенного в подсистемах планирования процессов разработки ИЭС. Обмен данными между компонентами осуществляется через классную доску, расположенную также в системных средствах. В *режиме работы с обу-*

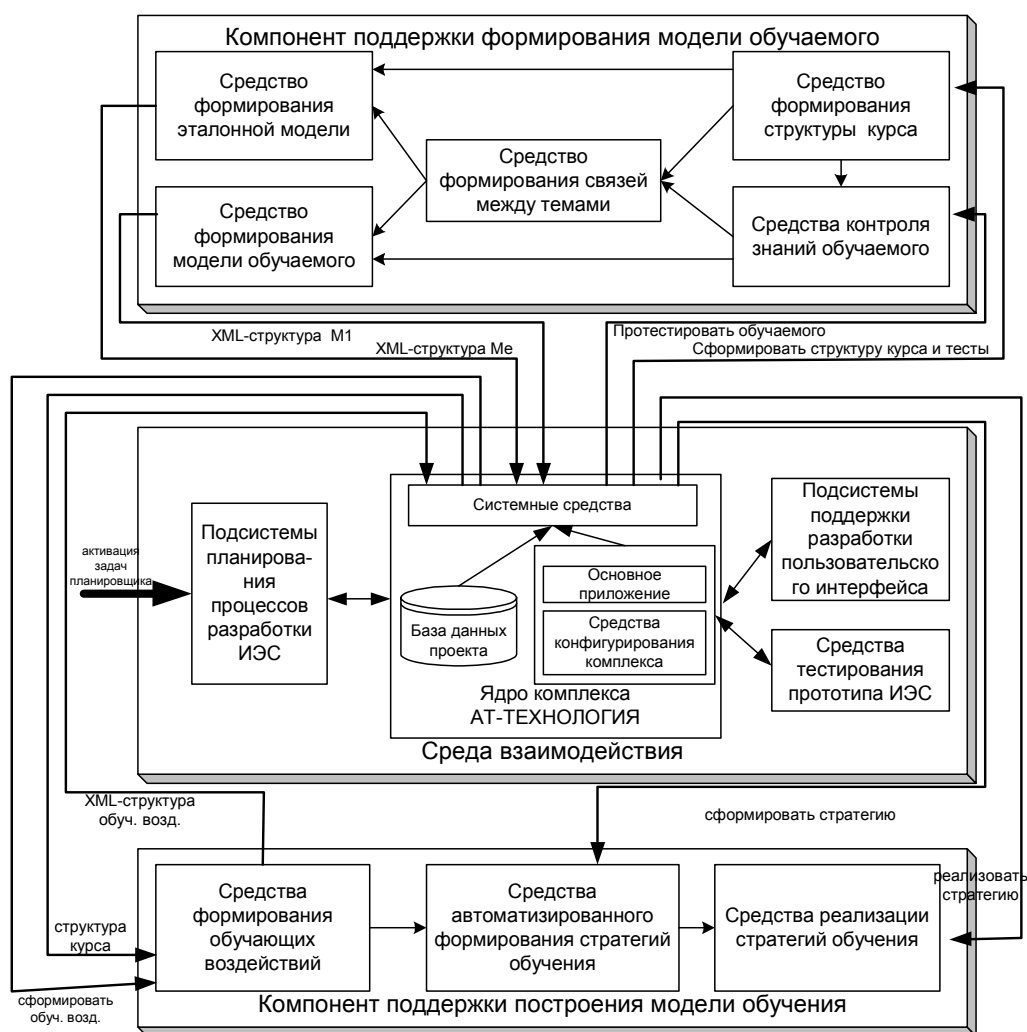


Рис.4. Общая архитектура подсистемы поддержки построения обучающих ИЭС

чаемым (RunTime) все диалоговые формы генерируются с помощью подсистемы поддержки разработки пользовательского интерфейса.

Требования к функциональным возможностям: поддержка процессов формирования структуры курса; построение списка тем либо выбора их из имеющихся; возможность хранения информации об обучаемых и преподавателях в файле XML; поддержка процессов создания множества вопросов и задач для последующей компоновки тестов; возможность создания тестов на отличительные признаки тем, согласно АМРР, поддержка уникальности имени теста в рамках разрабатываемой системы; использование различных оценочных шкал при создании теста того или иного вида; наличие средств редактирования и хранения тестов, вопросов, задач, репертуарных решеток в фор-

мате XML; поддержка построения M_e ; реализация алгоритма формирования модели M_1 на основе тестирования обучаемого; хранение полученных моделей M_1 и M_e в формате XML; возможность реализации следующих обучающих воздействий: теоретические – глава ГТ-учебника, презентация; практические – учебно-тренировочные задачи (УТЗ), консультация с ЭС, вызов ППП; реализация алгоритма формирования модели M_2 ; хранение полученной модели M_2 в формате XML; реализация алгоритма формирования текущей стратегии обучения и алгоритма её применения. Требования к пользовательскому интерфейсу: обеспечение пользователя необходимой справочной информацией на всех этапах работы подсистемы; удобный и понятный пользовательский интерфейс с максимальным использованием наглядных графич-

ческих средств и примеров; реализация дополнительных ПС для удобства пользователя (пошаговый компонент создания структуры курса, универсальный редактор тестов и т.д.)

Приведем краткую характеристику особенностей программной реализации отдельных ПС. Процессы формирования M_e и $M1$ обеспечивает компонент поддержки формирования модели $M1$, а построение $M2$ – компонент поддержки построения модели $M2$. Формирование M_e осуществляется на этапе построения структуры курса, для чего предусмотрены соответствующие экранные формы и поддерживающие их ПС. Процесс формирования $M1$ осуществляется в режиме диалога с обучаемым, причем структура диалога представляется в виде графа, узлы которого содержат вопросы и варианты ответов, а дуги отражают порядок следования вопросов в зависимости от ответов обучаемого, при этом каждому узлу ставится в соответствие некоторая диалоговая форма из рабочей области, содержащая представление данного вопроса и вариантов ответов, а каждой дуге – весовой коэффициент ответа на вопрос.

Построение модели $M2$, содержащей знания о планировании и организации процесса обучения и обеспечивающий выбор конкретной стратегии обучения, осуществляется также на основе соответствующих ПС. Предусмотрена возможность разделения преподавателем-предметником всего курса/дисциплины на разделы/подразделы, составленные из набора тем, при этом модели $M1$ и M_e будут строиться для каждого из разделов курса, что позволяет более адекватно сформировать модель $M1$, основываясь на результатах тестирования. Стратегия обучения формируется из множества созданных преподавателем обучающих воздействий в режиме работы с обучаемым.

3.4. Технология проектирования прототипа обучающей ИЭС

Поскольку любой прототип обучающей ИЭС для заданной ПрО разрабатывается на основе базовых требований ЗОМ и поддерживающего ее инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, то разработанная система должна удовлетворять нижеперечисленным требованиям [21]:

1. В архитектуре обучающей ИЭС наряду с программным компонентом ЭС, применяющим

для решения НФ-задачи методологию простых производственных систем, будут содержаться компоненты K_i , $i=1÷n$ (в частности, обучающие компоненты, БД и др.), расширяющие функциональные возможности системы до решения *комбинированных задач*, включающих в себя наряду с НФ-задачами и формализованные задачи (Ф-задачи).

2. Модель архитектуры обучающей ИЭС проектируется на трех уровнях (верхнем, среднем, нижнем), исходя из концепции *глубинной интеграции*, т.е. на основе усовершенствования компонента ЭС путем включения нетрадиционных для него функций, реализуемых компонентом K_i (обучающие функции, СУБД, ППП и т.д.).

3. Для проектирования и реализации функций традиционной ЭС используется авторский подход «от задачи» [21,24], базирующийся на автоматизированном моделировании конкретных типов НФ-задач, релевантных технологии традиционных ЭС в статических и динамических ПрО.

4. Для автоматизированного построения модели ПрО используется разработанный автором «Комбинированный метод прямого приобретения знаний» (КМПЗ), [24] представляющий собой интеграцию процессов компьютерного интервьюирования экспертов, обработки проблемно-ориентированных текстов и извлечения знаний из БД (зарегистрированных в комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ).

5. Спецификации базового компонента K_i с точки зрения реализации функций обучения, контроля и тестирования обучаемых для прототипа обучающей ИЭС связаны с реализацией следующих функциональных возможностей [6-9]:

- построение *модели обучаемого* (с учетом психологического портрета личности) и *эталонной модели* курса (в отдельных случаях развиваемой до *модели учителя*);

- построение адаптивной *модели обучения*, сущность которой заключается в динамической модификации *стратегии обучения* в соответствии с текущей моделью обучаемого и последующей генерации совокупности *обучающих воздействий*, наиболее эффективных на данном этапе обучения с учетом психологических особенностей обучаемых;

- контроль деятельности обучаемого и генерация управляющих решений для соответствующей корректировки действий обучаемого с

целью достижения им поставленных целей обучения;

- построение *модели объяснения* для оценки логики принятия решений, результатов вычислений, объяснение (при необходимости) неправильной альтернативы или этапа решения задачи.

6. Для построения модели ПрО необходимы источники знаний первого типа – *эксперты*, в данном случае преподаватели-предметники, а в качестве дополнительного источника знаний второго типа могут быть использованы методические материалы в виде учебников, справочников, инструкций и т.д.

7. В рамках ЗОМ описание *модели диалога* с пользователем проектируемой ИЭС любого типа осуществляется на специальном языке описания сценариев диалога (ЯОСД) [18], вследствие чего функционирование разработанной подсистемы общения (диалогового компонента ИЭС) будет являться результатом интерпретации построенной модели диалога.

Поэтому при создании средств интерфейса обучаемого инженер по знаниям в зависимости от требований преподавателя-предметника может описать любую модель диалога на ЯОСД, что избавляет от жесткой привязки к каким-либо стандартным средствам или макетам интерфейса пользователя и позволяет гибко проектировать средства общения любой степени дружелюбности и адаптивности. При реализации подсистемы объяснения, функционирующей на основе *модели объяснения*, фактически отслеживается трасса вывода решений, и объяснения предоставляются обучаемому (при необходимости) в режиме консультации. В этом случае соответствующая модель диалога также описывается средствами ЯОСД.

Базовая версия инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ представляет собой взаимосвязанную совокупность средств автоматизации проектирования ИЭС на всех этапах ЖЦ с единым управлением проектом по созданию ИЭС в соответствии с поставленными задачами, набором имеющихся ПС, конкретной моделью ЖЦ создания программного обеспечения ИЭС. Часть функций комплекса поддерживают авторизацию доступа к системе, регистрацию новых проектов и планирование процессов разработки ИЭС. Другие специфицируют и/или обеспечивают построение архитектуры ИЭС и ее компонентов и этот процесс

осуществляется на основе знаний о технологии построения ИЭС и типовых проектных процедурах (ТПП). ТПП – это набор элементарных действий, традиционно совершаемых инженером по знаниям на каждом этапе ЖЦ разработки для решения каких-либо проектных задач [18,19].

Наиболее сложные функции связаны с проектированием, где возникает реальная потребность в «интеллектуализации» процессов создания ИЭС за счет использования технологической БЗ планировщика и повторно-используемых компонентов (ПИК) предшествующих проектов, что позволяет системе «подсказывать» инженеру по знаниям, какие компоненты могут быть использованы в новом проекте [18,19,25].

В целом интеллектуальная поддержка разработки полнофункциональных прототипов ИЭС включает в себя: построение плана разработки прототипа ИЭС на всех этапах ЖЦ на основе знаний о моделях и методах решения типовых задач; динамическое ассистирование инженеру по знаниям (системному аналитику) при построении текущего прототипа ИЭС на основе знаний о ТПП и ПИК; синтез архитектуры прототипа ИЭС и его компонентов на основе расширенной информационно-логической модели; анализ прототипа за счет использования знаний о моделях и методах решения типовых задач; выдача рекомендаций и объяснений инженеру по знаниям.

Планировщик «знает», сколько и каких ТПП и ПИКов имеется в комплексе, и для чего они предназначены, а также используемый алгоритм планирования, в соответствии с чем формируется набор задач для разработки любого прототипа ИЭС. Далее, исходя из требований к прототипу, сформированных на этапе анализа системных требований (АСТП), планировщик декомпозирует план разработки на более мелкие задачи, в том числе посредством ТПП и механизмов взаимодействия с ПИКаами комплекса.

Первым этапом ЖЦ ИЭС, поддерживаемым в инструментальном комплексе АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, является этап АСТП, на котором осуществляется построение в виде иерархии расширенных диаграмм потоков данных (РДПД) [18,19] модели архитектуры проектируемой ИЭС при помощи специализированного редактора. Редактор диаграмм вызывается

путем активации задачи «Создать РДПД» в окне планировщика.

Для обучающих ИЭС контекстная диаграмма – верхний уровень иерархии РДПД – содержит, как правило, четыре Ф-операции «Авторизовать пользователя», «Сформировать модель обучаемого», «Сформировать модель обучения» и «Обучить», идентифицирует внешние сущности «Обучаемый» и «Преподаватель», а также может содержать несколько накопителей данных, например, «БД пользователей», «Банк тестов» и «Банк обучающих воздействий» и др.

Контекстные операции «Сформировать модель обучаемого», «Сформировать модель обучения» и «Обучить» детализируются диаграммами следующего уровня, например, Ф-операции: «Прочитать ГТ-учебник», «Решить УТЗ», «Сформировать отчет о сеансе консультации» и др., а также содержит одну или несколько НФ-операций «Консультация с ЭС». Появление на РДПД символа «трапеция», означающего НФ-операцию, подразумевает необходимость получения знаний от экспертов и использование инструментальных средств, реализующих КМПЗ [24], поэтому после завершения редактирования РДПД-диаграммы в окне планировщика появляются задачи, связанные с приобретением знаний.

КМПЗ представляет собой интеграцию процессов компьютерного интервьюирования экспертов и обработки проблемно-ориентированных текстов с целью создания наиболее полной и адекватной БЗ о ПрО, а также ее проверки на полноту и непротиворечивость. Суть метода заключается в отображении неструктурированного описания ПрО (знаний, извлекаемых из эксперта, путем применения метода компьютерного интервьюирования на основе моделей решения типовых задач (МРТЗ)) [21] в структурированное поле знаний (ПЗ) (множество структурированных знаний, получаемых в результате обработки сеансов интервьюирования эксперта и проблемно-ориентированных текстов, которые состоят из объектов, атрибутов объектов, значений атрибутов и правил, связывающих объекты); верификации полученного ПЗ, дальнейшей конвертации ПЗ в БЗ на языке представления знаний конкретного инструментального средства (в том числе комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ) и последующей верификации БЗ. В рамках КМПЗ допускается извлечение и

обработка знаний, содержащих отдельные виды *НЕ-факторов* знаний (неопределенность, неточность, нечеткость, неполнота) [58-59].

При наличии накопителя данных на диаграмме в структуру прототипа автоматически включаются задачи проектирования БД или связи с внешними БД. Комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ предоставляет средства проектирования БД и автоматической генерации БД в формате СУБД MS Access и некоторых других. Проектирование БД осуществляется посредством активизации задачи планировщика «Создать ER-диаграмму», «Редактировать ER-диаграмму» (при этом выполняется соответствующая ТПП проектирования БД).

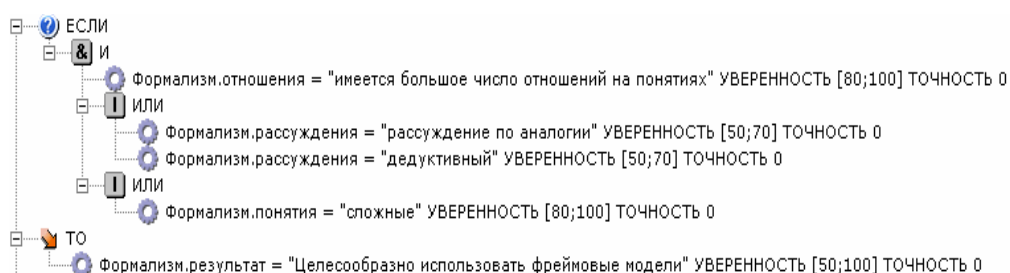
Следующим после АСТП этапом ЖЦ построения ИЭС является этап извлечения знаний из экспертов на основе КМПЗ, что осуществляется путем активации задачи планировщика «Извлечь знания из эксперта», запускающим соответствующую ТПП извлечения знаний из эксперта. Если это первый сеанс интервьюирования, то осуществляется настройка на тип решаемой задачи, при помощи средств лингвистического процессора, в результате чего активизируется сценарий интервью, отражающий тематическую структуру диалога при решении конкретного типа задач (например, «Диагностика»).

В ходе сеанса интервьюирования эксперта осуществляется структурирование полученной информации во внутреннее представление ПЗ, основными базовыми элементами которого являются объекты и правила. Объект соответствует одному или нескольким ответам на вопрос, задаваемый эксперту в течение сеанса интервьюирования. ПЗ формируется на основе протоколов всех проведенных сеансов интервьюирования.

Для выявления и устранения возможных аномалий в сформированном ПЗ используется компонент верификации ПЗ (активизация задачи планировщика «Верифицировать ПЗ»). Полученное в результате интервьюирования ПЗ исследуется на наличие следующих типов аномалий [58]: *статические* аномалии – значение атрибута, на которое нет ссылок, недопустимые значения атрибутов, недостижимое заключение, замкнутые правила, лишние If-условия, избыточные правила, конфликтные правила, пересекающиеся правила; *динамические* анома-

лии – избыточные цепочки правил, конфликтные цепочки правил, замкнутые цепочки правил, пересекающиеся цепочки правил.

На следующем этапе проводится конвертация ПЗ (задача планировщика «Выбрать средство вывода»), полученного в процессе интервьюирования эксперта, в БЗ на ЯПЗ комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Процедура конвертации реализована в комплексе на основе использования информации о процессе формализации знаний, которая предоставляется средством конвертации в виде внешних файлов, написанных на специально разработанном скриптовом языке управления процессом формализации. Ниже приводятся примеры правил из фрагмента БЗ по курсу «Проектирование систем, основанных на знаниях» [41,60].



Для каждого из компонентов, включенных в состав ИЭС, формируется и выполняется локальный план разработки, т.е. производится настройка компонентов под конкретную решаемую задачу. На этапе общего проектирования строится конфигурация текущего прототипа ИЭС, на основе созданной на этапе АСПИ модели архитектуры. Конфигурирование компонентов осуществляется путем активации задачи планировщика «Сформировать конфигурацию ИЭС».

Например, для прототипа обучающей ИЭС из репозитория на основе диаграммы подсистем могут быть выбраны следующие компоненты: ядро ЭС; диалоговый компонент; подсистема объяснения; подсистема обучения; подсистема доступа к БД; подсистема верификации БЗ; редактор БЗ; редактор сценариев диалога с пользователем.

Первым шагом проектирования подсистемы обучения (режим Design Time) является определение структуры курса. Производится разбиение курса на разделы, а разделов – соответственно на темы, затем формируется ряд признаков, в соответствии с которыми по мето-

ду АМРР ранжируются все темы раздела, а именно: каждому признаку ставится в соответствие признак, полностью противоположный по сути; выделяются две темы, полностью соответствующие данному признаку, и одна тема, полностью соответствующая противоположному признаку, причем ранги этих тем устанавливаются в 100 и 0 соответственно; затем ранжируются все оставшиеся темы по степени соответствия с данным признаком. После того, как определены темы разделов и их веса, формируются вопросы к темам с альтернативными вариантами ответов, которые будут предлагаться обучаемому в процессе обучения для выявления знаний обучаемого. На данном шаге из вопросов, сформулированных на предыдущем этапе, создаются тесты, которые могут охваты-

вать как материал одной или нескольких тем, так и целого раздела, а также принимается решение об учете в процессе обучения психологического портрета личности обучаемого, и определяется шкала оценивания и дельта обучения.

На следующем этапе с помощью редакторов обучающих воздействий разрабатывается набор обучающих воздействий для структуры курса, например, связанных с чтением ГТ-учебника, решением УТЗ, консультацией с ЭС и др. Для создания подсистемы общения инженер по знаниям описывает модель диалога ИЭС с пользователем на специальном языке ЯОСД с помощью специализированного редактора. В процессе функционирования ИЭС созданная модель интерпретируется, в результате чего поддерживается процесс общения в данной ИЭС. Конфигурация средства вывода производится путем активизации задач планировщика «Выбрать средство вывода», при этом появляется диалоговая форма, например, «АТ-Решатель».

Все подсистемы прототипа ИЭС, созданного средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ,

представляют собой СОМ-объекты, а механизм их взаимодействия реализован посредством обмена сообщениями, для чего используются служебные компоненты:

Брокер объектов – компонент, осуществляющий регистрацию, хранение и взаимодействие основных компонентов ИЭС посредством передачи сообщений. При запуске ИЭС брокер конфигурирует все компоненты в составе ИЭС.

Классная доска – компонент, обеспечивающий размещение, хранение и доступ к данным, предоставляя основным компонентам ИЭС единое адресное пространство для обмена информацией, набор сервисов (создание/удаление объекта в произвольном месте дерева, привязка/удаление параметра со значением какому-либо объекту, модификации значений параметров объекта и др.), а также позволяя сохранять структуру объектов в виде XML-документа и загружать структуру объектов из XML-документа (для анализа мгновенных снимков классной доски).

На этапе программной реализации прототипа обучающей ИЭС осуществляется создание пользовательского интерфейса, генерация БД по ER-диаграмме, разработка скриптов для связи с внешними ППП и формирование конфигурационного файла. При разработке прототипа обучающей ИЭС в качестве внешних ПС могут быть использованы MS Excel и СУБД MS Access.

Для тестирования созданного прототипа в среде комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ необходимо активизировать задачу планировщика «Запустить прототип ИЭС в тестовом режиме», при этом осуществляется запуск прототипа и предоставляется возможность отслеживания ошибок, при обнаружении которых осуществляется возврат на нужный этап разработки с целью их корректировки. После успешного запуска прототипа осуществляется формирование отчуждаемого прототипа посредством активизации задачи планировщика «Создать отчуждаемый прототип».

3.5. Эволюция технологических подходов

Эволюцию подходов к реализации веб-версий базовых подсистем комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ следует рассматривать в контексте двух последовательных этапов. На первом этапе основной целью являлся эксперимент по организации Интернет-доступа к подсисте-

мам комплекса без существенной переработки самих компонентов, тем более, что реализация подсистем комплекса в виде СОМ-объектов существенно упрощала эту задачу. Анализ текущей версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и обзор современных средств и подходов к созданию веб-ИЭС показал, что для реализации поддержки разработки веб-ИЭС необходимо внесение в состав комплекса ряда дополнительных подсистем, связанных с построением ядра веб-ИЭС. Это обусловлено тем, что основные отличия между ИЭС и веб-ИЭС сосредоточены в области организации взаимодействия с пользователем, а также связаны со спецификой организации и функционирования программных компонентов веб-ИЭС на стороне сервера. При выбранном подходе к реализации веб-ИЭС типа «сервер-главный» в состав серверных компонентов ядра веб-ИЭС входят веб-версии подсистем ядра ИЭС, при этом на стороне клиента располагаются компоненты, обеспечивающие организацию взаимодействия с пользователем.

С точки зрения реализации серверной части компонентов поддержки разработки веб-ИЭС очевидно, что задача полного перепрограммирования базовых подсистем комплекса является чрезвычайно сложной и трудоемкой задачей, поскольку компоненты, входящие в состав веб-ИЭС, разрабатываемых средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, помимо базовой функциональности, наследуемой от традиционных ИЭС, должны реализовывать целый ряд дополнительных требований типа: обеспечение возможности многопользовательской работы компонентов в режиме разделения времени, организация механизма пользовательских сессий для хранения состояния сеанса работы, поддержка базовых веб-технологий и внедрение в состав сложного программного комплекса дополнительной программной инфраструктуры, поддерживающей внесенные дополнения.

Таким образом, на первом этапе в фокусе внимания находились вопросы поддержки разработки веб-ИЭС, в результате чего была создана альфа-версия инструментария, поддерживающая построение веб-ИЭС средствами базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Разработка осуществлялась с учетом максимально возможного повторного использования программных средств комплекса, при этом

были реализованы все базовые требования к инструментарию для поддержки построения веб-ИЭС (без учета ряда ограничений на производительность создаваемых программных средств). Следует также отметить, что выбранный подход подразумевал отказ от использования метода работы компонентов ядра веб-ИЭС в режиме разделения времени, причем каждый сеанс взаимодействия пользователя в веб-ИЭС сопровождался загрузкой отдельной копии программных компонентов данной ИЭС в память сервера, а все недостатки подхода определялись исключительно вопросом производительности веб-ИЭС, что казалось вполне разрешимым за счет повышения производительности аппаратной части сервера.

На первом этапе для реализации пользовательского интерфейса была использована технология Macromedia Flash MX2004, выбранная из-за простоты и прозрачности в вопросе обеспечения долговременных сетевых соединений между клиентом и сервером, меньшим объемом скомпилированных модулей, а также более широкой распространенностью по сравнению с технологией JAVA. Другие возможные средства организации пользовательского интерфейса, такие как ActiveX или HTML были отвергнуты из-за ограниченной доступности или бедности выразительных свойств.

Необходимость в существенном усовершенствовании данного подхода к созданию веб-версий подсистем комплекса возникла на втором этапе исследований и разработок, когда проблемы повышения производительности и масштабируемости конечных веб-ИЭС привели к пересмотру функциональности подсистемы построения средств общения и сервисных подсистем комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. В частности, подсистема общения была модифицирована с целью обеспечения многопользовательского доступа к единому модулю диалогового компонента из-за сложности процесса интерпретации сценариев диалога и ряда технических особенностей существующих средств организации диалога. Сервисные подсистемы были модифицированы с учетом необходимости обеспечения контроля загрузки сервера, управления сеансами пользователя и разграничением доступа. Кроме того, был переработан модуль тонкого клиента, который в настоящее время реализован с помощью технологии

Adobe Flash 9 и для сложных задач по производительности не уступает приложениям .NET.

Современная веб-версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ обеспечивает поддержку всех традиционных этапов разработки ИЭС, а также предоставляет специализированные средства, такие как организация веб-сеансов интервьюирования экспертов, создание веб-интерфейса, настройка веб-сервера, управление пользователями и развертывание финального прототипа веб-ИЭС.

Веб-версия комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ так же, как и разрабатываемые в ее среде веб-ИЭС, представляет собой клиент-серверное приложение, работающее в среде Интернет и поддерживающее многопользовательский режим работы. Клиентская часть системы - это набор HTML-страниц с внедренным в них модулем пользовательского интерфейса, реализованным с использованием технологии Adobe Flash. Данное приложение предоставляет средства работы с графическим пользовательским интерфейсом, аналогичным пользовательскому интерфейсу операционной системы Windows, и кроме организации сетевого соединения с серверной частью не содержит элементов прикладной логики функционирования ИЭС. Серверная часть системы - это набор СОМ-объектов, представляющих собой адаптированные для веб-версии компоненты комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и компоненты ИЭС, разработанные средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Кроме того, в состав данных компонентов входят специализированные средства организации веб-интерфейса веб-ИЭС. Все процессы функционирования веб-версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и веб-ИЭС сосредоточены на стороне сервера, т.е. архитектура разработки веб-ИЭС - сервер-главный (тонкий клиент).

В целом следует отметить сохранение фундаментальных основ разработки ИЭС, реализованных в базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, что достигается за счет того, что вся прикладная логика функционирования как комплекса в целом, так и разработанных веб-ИЭС, сосредоточена на стороне сервера. Поэтому разработка веб-версий различных подсистем комплекса может быть осуществлена унифицированным образом с использованием созданного инструментария разработки веб-приложений.

Важной особенностью веб-версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ является возможность проведения интервьюирования экспертов в среде Интернет, частично реализуя процессы *веб-извлечения* знаний, что достигается за счет использования специализированного инструментария разработки веб-приложений. Другая особенность связана с реализацией веб-подхода к построению средств общения веб-ИЭС, в соответствии с чем решается задача конвертации текстовых описаний форм приложений из традиционных форматов Delphi(DFM) или Visual Basic(FRM) в формат языка внутреннего описания веб-ИЭС и веб-инструментария, что обеспечивает следующие преимущества при работе с формами: единый набор средств представления элементов пользовательского интерфейса для подсистем веб-инструментария и веб-ИЭС; возможность интеграции форм приложений, созданных в общедоступных редакторах форм, поставляемых в качестве компонентов, например, с такими продуктами, как Delphi, C++ Builder и Visual Basic в подсистемы комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ; возможность использования уже разработанных диалоговых форм (в формате DFM или FRM) в подсистемах комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

Дополнительно реализован инструментарий для визуального проектирования веб-интерфейса с поддержкой конвертирования в формат внутреннего описания пользовательского интерфейса комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, для чего разработан специализированный подход к построению средств визуального проектирования и конвертирования в различные форматы веб-форм прикладных ИЭС, использующий язык внутреннего описания элементов веб-интерфейса. В настоящее время создан программный прототип инструментария для визуального проектирования и конвертирования в различные форматы веб-форм (на примере форматов описания форм Delphi и Visual Basic), а в дальнейшем планируется его расширение за счет поддержки дополнительных элементов пользовательского интерфейса и других форматов описания форм.

3.6. Применение веб-инструментария для создания обучающих веб-ИЭС

Одним из первых практических применений веб-версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ являлась разработка обучающих веб-ИЭС на основе

модификации нескольких базовых ИЭС, использующихся в учебном процессе кафедры кибернетики МИФИ. Базовая версия обучающей ИЭС представляет собой традиционное «настольное» приложение с ограниченной клиент-серверной функциональностью, поэтому ее практическое применение требует проведения значительного объема дополнительной работы от команды инженеров по знаниям и администраторов, связанной со сбором и обработкой результатов каждого текущего тестирования обучаемых (с целью построения моделей обучаемых), что, учитывая человеческий фактор, постоянно приводит к таким проблемам, как искажение и потеря данных и т.д.

Применение веб-версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для создания нескольких обучающих веб-ИЭС позволило централизовать процессы сбора и обработки данных для всего контингента обучаемых, а также решить проблемы безопасности и контроля доступа, поскольку обучаемые не имеют доступа к приложению и его компонентам, а работают только с пользовательским интерфейсом приложения через веб-браузер. С помощью реализации подхода «сервер-главный» (тонкий клиент) вся логика приложения была сосредоточена на едином сервере, что обеспечило контроль над загрузкой сервера, устранение рутинных задач сбора данных протоколов тестирования и существенно упростило работу администраторов системы. Кроме того, использование технологии Adobe Flash 9 для реализации клиентского приложения обучающих веб-ИЭС открыло дополнительные возможности по ее расширению за счет не только широкого набора стандартных элементов управления, но также за счет централизованного и простого использования видео- и аудиоматериалов в ходе обучения.

В настоящее время базовая и веб-версия версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ входят в состав имитационно-моделирующего стенда (ИМС), предназначенного для обучения студентов и аспирантов МИФИ и других ВУЗов новым методам и технологиям построения статических и динамических интеллектуальных систем. На базе ИМС уже в течение ряда лет проводятся учебные занятия по нескольким учебным дисциплинам, выполняются курсовые и дипломные проекты, совместные исследования с рядом кафедр и подразделений МИФИ.

С 2007 г. в состав ИМС входит обучающая веб-ИЭС по курсам «Введение в интеллектуальные системы», «Проектирование систем, основанных на знаниях» и «Интеллектуальные диалоговые системы» (кафедра кибернетики МИФИ).

Заключение

Опыт использования веб-версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для ряда практических задач, включая разработку обучающих веб-ИЭС для поддержки учебного процесса в МИФИ, подтвердил уместность и обоснованность применения веб-подхода для создания интеллектуальных систем, в частности ИЭС, что позволило решить целый ряд проблем с контролем безопасности и управлением доступа обучаемых к системе, внести существенные улучшения в методы хранения и процесс обработки материалов, собранных в ходе учебного процесса, а также существенно упростить работу администратора системы.

Применение веб-подхода к разработке обучающих веб-ИЭС открывает широкие возможности в организации и контроле над процессом обучения, однако, сложность конечного программного продукта существенно возрастает с учетом интегрированности и распределенности системы в целом. Поэтому выбор веб-технологии для реализации той или иной системы, основанной на знаниях, должен приниматься только после тщательного анализа конкретной задачи и ПроО. Необходимо учитывать такие факторы как требования к надежности и безопасности ЭС и ИЭС, а также обеспечивать контроль авторских прав экспертов (преподавателей-предметников) на знания, формализованные в ходе разработки каждой конкретной системы.

Литература

1. Рыбина Г.В. Интегрированные экспертные системы: современное состояние, проблемы и тенденции // Известия РАН. Теория и системы управления. 2002. №5. С.111-126.
2. Рыбина Г.В. Архитектуры интегрированных экспертных систем: современное состояние и тенденции // Новости искусственного интеллекта. 2002. №4 (52). С.10-17.
3. Брусиловский П.Л. Адаптивные и интеллектуальные технологии в сетевом обучении // Новости искусственного интеллекта. 2002. №5. С.25-31.
4. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Тарасов В.Б., Елисева О.Е. и др. Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации. Мн.: БГУИР, 2001. 488 с.
5. Стефанюк В.Л. Теоретические аспекты разработки компьютерных систем обучения. Учебное пособие. Саратов: СГУ, 1995. 98 с.
6. Брусиловский П.Л. Интеллектуальные обучающие системы//Информатика. Информационные технологии. Средства и системы. 1990. №2. С.3-22.
7. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Филинь, 2003. – 430с.
8. Петрушин В.А. Обучающие системы: архитектура и методы реализации (обзор) // Известия РАН. Техническая кибернетика. 1993. №2. С.164-190.
9. Galeev I., Tararina L., Kolosov O. Adaptation on the basis of the skills overlay model. //Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004). Finland, Jornsuu, 2004. pp.648-650.
10. Galeev I., Tararina L., Kolosov O., Kolosov V. Structure and implementation of partially integrated adoptive learning environment //Proceedings of E-Learn 2003. USA, Arizona, Phoenix, 2003. pp. 2151-2154.
11. Galeev I.K., Chepegin V.I., Sosnovsky S.A. MONAP: Models, Methods and Applications// Proceedings of the International Conference KBCS 2000. Mumbai, India, 2000. pp. 217-228.
12. Kabassi K., Virvou M. Using Web Services Personalised Web-based learning // Educational Technology & Society. 2003. 6(3). pp.61-71.
13. Tang, T.Y., Wu, A. The implementation of a multi-agent intelligent tutoring system for the learning of computer programming // Proceedings of 16th IFIP World Computer Congress-International Conference on Educational Uses of Communication and Information Technology. (ICEUT). 2000. pp. 56-67.
14. Dorça F.A., Lopes C.R., Fernández M.A. A multiagent architecture for distance education systems//Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. (ICALT). 2003. pp. 89-121.
15. Голенков В.В., Емельянов В.В., Тарасов В.Б. Виртуальные кафедры и интеллектуальные обучающие системы // Новости искусственного интеллекта. 2001. № 4. С. 3-13.
16. Рыбина Г.В. Инструментальные средства нового поколения для построения прикладных интеллектуальных систем // Авиакосмическое приборостроение. 2004. № 10. С.14-23.
17. Рыбина Г.В. Инструментальная база для подготовки специалистов в области интеллектуальных систем и технологий // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями (РБП-СУЗ-2007). Сборник научных трудов. М.: МЭСИ, 2005. С.282-287.
18. Рыбина Г.В. Автоматизированное рабочее место для построения интегрированных экспертных систем: комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ // Новости искусственного интеллекта. 2005. №3. С.69-87.
19. Рыбина Г.В. Инструментарий нового поколения для построения интегрированных экспертных систем//

- Девятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2004. Труды конференции. В 3-х т. М.: Физматлит, 2004. Т.2. С.621-629.
20. Рыбина Г.В., Рыбин В.М. Опыт разработки и перспективы использования обучающих интегрированных экспертных систем в учебном процессе // Научная сессия МИФИ-2007. Сб. научных трудов. В 17 томах. Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. М.: МИФИ, С.37-39.
 21. Рыбина Г.В. Задачно-ориентированная методология автоматизированного построения интегрированных экспертных систем для статических проблемных областей. // Теория и системы управления. Известия РАН. 1997. № 5. С.129-137.
 22. Рыбина Г.В. Интеграция исследований в области искусственного интеллекта и систем обучения // Новые информационные технологии в электротехническом образовании (НИТЭ-2000). Сборник научных трудов пятой международной научно-методической конференции. Астрахань: ЦНТЭП, 2000. С.254-258.
 23. Берестова В.И., Ноздрин Д.М., Рыбина Г.В. Программный инструментарий для автоматизации разработки обучающих экспертных систем // КИИ-94. Национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект - 94». Сб. научных трудов в 2-х томах. Рыбинск: АИИ, 1994. Т.2. С.372-376.
 24. Рыбина Г.В. Автоматизированное построение баз знаний для интегрированных экспертных систем // Известия РАН. Теория и системы управления. 1998. №5. С.152-166.
 25. Рыбина Г.В., Ивашенко М.Г. Методы и программные средства интеллектуальной поддержки разработки интегрированных экспертных систем // Программные продукты и системы. 2006. №6. С. 21-27.
 26. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. Киев: Наукова. Думка, 1992. – 196 с.
 27. Giannotti E., Ponta D. Hypertext and Hypermedia as learning tools in science and technology. Computer Mediated Education of Information Technology: Professionals and Advanced Users (A-35) (Eds. Barta B.Z., Eccleston J. & Hambusch R.), Elsevier Science Pub. B.V. (North-Holland). pp.335-339.
 28. Rada R. Hypertext : from text to expertext . McGraw-HILL Book Company Europe, 1991.
 29. Акульшина И.Л., Ганасья Ж.-Г., Фарон К. SATELIT-гипермедиа система, использующая знания // КИИ-96. Пятая национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект-96» Сборник научных трудов в 3-х томах. М.: АИИ, 1996. Т.2. С. 294-298.
 30. Акульшина И.Л., Виньков М. М, Интеллектуальные системы в области контроля.// Новости искусственного интеллекта. М.: АИИ. 1993. №4. С.117-127.
 31. Patel A., Kinshuk Applied Artificial Intelligence for Teaching Numeric Topics in Engineering Disciplines. Lecture Notes in Computer Science, 1108. pp.132-140.
 32. Patel A., Kinshuk Intelligent Tutoring Tools – A problem solving framework for learning and assessment. Proceedings of 1996 Frontiers in Education Conference – Technology- Based Re-Engineering Engineering Education (Eds. M.F. Iskander, M. J. Gonzalez, G.L. Engel, C.K. Rushforth M.A. Yoder, R.W. Grow & C.H. Durney). pp.140-144.
 33. Рыбина Г.В. Основы теории и технологии построения интеллектуальных диалоговых систем: Курс лекций. – М.: МИФИ, 2005. – 132 с.
 34. Берестова В. И., Рыбина Г. В., Чернышев Ю. А. Использование методов экспертных систем для создания интеллектуальных обучающих программ // Информатика. Научно-технический сборник. Серия: Информационные технологии. Средства и системы. М.: ВНИИМИ, 1991. вып. 2-3. С.38-40.
 35. Berestova V. I., Chernyshov I. A., Rybina G.V., Zavalovich O.V. An application of expert system methods for development of intelligent learning programs // In Proceedings of the East-West Conference on Emerging Computer Technologies in Education. Moscow, Russia, ICSTI, 1992. pp. 32-35.
 36. Берестова В.И., Заволович О.В., Рыбина Г.В., Чернышев Ю.А. Проектирование обучающих интеллектуальных систем на основе интеграции методов экспертных систем с гипертекстовой технологией // III Конференция по искусственному интеллекту (КИИ-92). Сборник научных трудов в 2-х томах. Тверь: АИИ, 1992. Т.2. С.30-32.
 37. Рыбина Г.В., Берестова В.И., Заволович О.В. Обучающая экспертная система КОНВАКС // Методы и системы технической диагностики. Экспертные обучающие системы. Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 15. Саратов: СГУ, 1991. С.135-137.
 38. Рыбина Г.В., Берестова В.И. Обучающая экспертная система КОНВАКС-УЧИТЕЛЬ // III Конференция по искусственному интеллекту (КИИ-92). Сборник научных трудов в 2-х томах. Тверь: АИИ, 1992. Т.1. С. 49-50.
 39. Романова Л.К., Пищулина Е.И., Рыбина Г.В. Применение методов экспертных систем для маркетинговых исследований // КИИ-94. Национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект-94». Сборник научных трудов в 2-х томах. Рыбинск: АИИ, 1994. Т.2. С. 372-376.
 40. Рыбин В.М., Рыбина Г.В., Рудина С.В., Симонов М.Л. Интегрированные экспертные системы для проектирования информационно-измерительных систем и анализа систем управления сложными объектами // КИИ-94. Национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект – 94». Сборник научных трудов в 2-х томах. Рыбинск: АИИ, 1994. Т.2. С. 242-246.
 41. Рыбина Г.В. Введение в интеллектуальные системы: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2006. 140с.
 42. Roberts T.S. The use of multiple choice tests for formative and summative assessment // In ACE 2006. Australian Computer Society, 2006.
 43. Берестова В. И., Горбатюк О. В., Куракина Н. Г., Рыбина Г. В., Труфанова Е.П., Цыганов Г.А. ТЕРРА - интегрированная экспертная система для оценки экологической обстановки территории // III Конференция по искусственному интеллекту КИИ-92. Сборник научных трудов, в 2-х томах. Тверь: АИИ, 1992. Т.2. С. 86-88.
 44. Брусиловский П.Л. Построение и использование моделей обучаемого в интеллектуальных обучающих

- системах // Известия РАН. Техническая кибернетика. 1992. №5. С.97-119.
45. Атанов Г.А. Деятельностный подход в обучении. Донецк: ЕАИ-пресс, 2001.
 46. Соловьев А.В. Проектирование компьютерных систем учебного назначения. Уч. пособие. Самара: СГАУ, 1995.
 47. Семенов В.В. и др. Компьютерные технологии в дистанционном обучении. –М.:1997
 48. Рыбина Г.В. Принципы создания автоматизированной технологии проектирования интегрированных экспертных систем (проект АТ-ТЕХНОЛОГИЯ) // Новости искусственного интеллекта. 1993. №4. С.105-116.
 49. Тельнов Ю.Ф. Реализация компетентностного подхода к обучению на основе управления знаниями // Научная сессия МИФИ-2007. Сб.научных трудов. В 17 томах. Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. М.:МИФИ. С.40-42.
 50. Трембач В.М., Борисов А.В., Гречин Г.В., Куваева С.И. Интеллектуальная система для решения задач формирования компетенции обучаемого // Научная сессия МИФИ-2007. Сб.научных трудов. В 17 томах. Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. М.:МИФИ, 2007. С.101-102.
 51. Фролов Ю.В., Махотин Д.А. Компетентностная модель как основа оценки качества подготовки специалистов // Высшее образование сегодня. 2004. №8. С.34-41.
 52. Рыбина Г.В. Разработка и использование обучающих интегрированных экспертных систем в учебном процессе // Российская научно-методическая конференция «Совершенствование подготовки IT-специалистов по направлению прикладная информатика на основе инновационных технологий и E-Learning». Сб. научных трудов. М.: МЭСИ, 2007. С. 219-226.
 53. Бабешко В.Н., Нежурина М.И. Система оценки качества программных комплексов для дистанционного обучения. М.:ЦДО МИЭМ: Европейский центр по качеству, 2004. –178 с.
 54. Грицанов А.А., Абушенко В.А., Евелькин Г.М. Социология. Энциклопедия. Минск: Книжный дом, 2003. – 1312с.
 55. Байденко В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования. Методические рекомендации для руководителей УМО ВУЗов Российской Федерации. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.
 56. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. – 384с.
 57. Рыбина Г.В. Приобретение знаний, содержащих Не-факторы // Новости искусственного интеллекта. 2004. №2. С. 82-94.
 58. Рыбина Г.В., Смирнов В.В. Методы и алгоритмы верификации баз знаний в интегрированных экспертных системах // Известия РАН. Теория и системы управления. 2007. №4. С. 91-102.
 59. Рыбина Г.В., Демидов Д.В. Модели, методы и программные средства вывода в интегрированных экспертных системах // Инженерная физика. 2007. №2. С. 51-60.
 60. Рыбина Г.В. Проектирование систем, основанных на знаниях: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2000. –100 с.

Рыбина Галина Валентиновна, профессор кафедры кибернетики Московского инженерно-физического института (государственный университет) (МИФИ). Окончила в 1971г. МИФИ. Доктор технических наук, профессор. Лауреат премии Президента РФ в области образования. Около 400 печатных работ. Области интересов - интеллектуальные системы и технологии.