

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сидоренко Н. Г., Попов М. А. Эффективный метод построения материалов программированного контроля знаний. // Проблемы высшей школы. Респуб. научно-метод. сборник. Вып. 48. — К.: Вища школа, 1982.
2. Швец Е. Я., Сидоренко Н. Г., Червоный И. Ф., Вережкин Л. Л. Универсальная система контроля знаний. // Электроника и связь. — 2003. — №18. — С. 143–144.

Александр ЯКОВЕНКО, Александр НАРОЖНЫЙ, Виктор ГОГУНСКИЙ

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

*В статье определена необходимость использования «Модели проектирования», предложен и обоснован метод построения знаний в виде фрейм-сценария. Представлена иерархическая структура моделей адаптированного обучения при проектировании автоматизированных систем.*

Среди различных понятий и моделей знания особый интерес представляет модель «проецирования», в которой знание рассматривается как проекция объекта в определенном ракурсе [1]. Эта модель интересна тем, что она явно содержит в себе фигуру «наблюдателя» или «позицию». Также в ней содержатся формальные операции и средства работы с объектом и его изображениями по отдельности, по разным правилам. Тем самым «модель проецирования» оказывается ключевой идеей для построения «содержательной логики», альтернативной «формальной логике». При этом центральным является метод американского инженера Г. Крона [2]. Интересной представляется попытка использовать аппарат Крона при создании баз знаний [3; 4]. Знание рассматривается как результат «взятия» объекта с «определенной стороны», в форме определенной его проекции.

Знания представляются в памяти компьютера в виде достаточно большой совокупности определенным образом структурированных данных, представляющих собой стереотипные ситуации [2]. Эти структуры запомненных данных получили название «фреймы». С каждым фреймом ассоциирована информация разных видов. Одна ее часть указывает, как следует использовать данный фрейм, другая — что предположительно может повлечь за собой его выполнение, третья — что следует предпринять, если эти ожидания не подтвердятся.

Фрейм можно представлять в виде сети, состоящей из узлов и связей между ними. «Верхние уровни» фрейма четко определены, поскольку образованы такими понятиями, которые всегда справедливы по отношению к предполагаемой ситуации. На более низких уровнях имеется много особых вершин-терминалов или «ячеек», которые должны быть заполнены характерными примерами или данными. Каждым терминалом могут ставиться условия, которым должны удовлетворять его задания. Простые условия определяются маркерами, например, в виде требования, чтобы заданием терминала был какой-либо субъект, или предмет подходящих размеров, или указатель на субфрейм определенного типа (субфреймы, фреймы и суперфреймы — это иерархически упорядоченные элементы, образующие системы фреймов). Более сложными условиями задаются отношения между понятиями, включенными в различные терминальные вершины.

**Цель** статьи авторами определяется как доказательство необходимости использования «Модели проектирования» и обоснование метода построения знаний в виде фрейм-сценария.

**Отслеживание образа куба знаний.** В соответствии с использованным в работах [1–4] символическим представлением тел правильной формы с помощью «областей» и «связей» между ними можно допустить, что результатом восприятия внешнего вида куба знаний является структура, где подструктуры А и В представляют детали и обозначения двух граней куба. При перемещении вправо грань А исчезает из поля зрения, тогда как видимой становится новая грань С. Если теперь, находясь по отношению к кубу в ином месте, попытаться заново провести весь анализ сцены, то придется забыть о том, что было известно об А; затем заново найти информацию о В и описать грань С. Но поскольку мы переместились вправо, то можем сохранить информацию о В, связав ее с терминалом «левой грани» второго фрейма куба. Чтобы сохранить (на всякий случай!) сведения об А, мы связываем его с дополнительным терминалом невидимой грани в новой схеме куба.

Если же потом переместиться обратно влево, то можно восстановить первоначальную картину без персептивных вычислений. Для этого потребуется только лишь восстановить связи верхнего уровня с первым фреймом куба. Теперь нам необходима информация о грани С. Для этого понадобится добавить еще одну невидимую грань справа в первом фрейме куба. Можно продолжить эту процедуру, чтобы подобным образом представить результаты осмотра предмета с других сторон. Это приведет к более полной системе фреймов, в которой каждый фрейм представляет собой различные «перспективные виды» куба. На рис. 1 показаны три фрейма, соответствующие перемещению влево и вправо на угол в 45 градусов. Если продолжить этот анализ, то результирующая система может стать очень большой. Для более сложных объектов требуется большее число различных проекций. Не ясно, все ли они необходимы в обычных условиях или же требуется только одна проекция для каждой их разновидности. Это зависит от обстоятельств.

В каждый фрейм включены терминалы, служащие для присоединения указателей, идущих к его субструктурам. Одна и та же физическая черта может присутствовать в различных видах изображения объекта, следовательно, соответствующий ей терминал будет совместно использоваться сразу несколькими фреймами. Это позволяет представлять в одном месте информацию, собираемую не только в разное время и в разных местах, но и не зависящую от позиции наблюдателя. Ход процесса согласования, результатом выполнения которого является решение, соответствует ли реальной ситуации выбранный фрейм или нет, зависит как от текущих целей, так и от информации, связанной с этим фреймом.

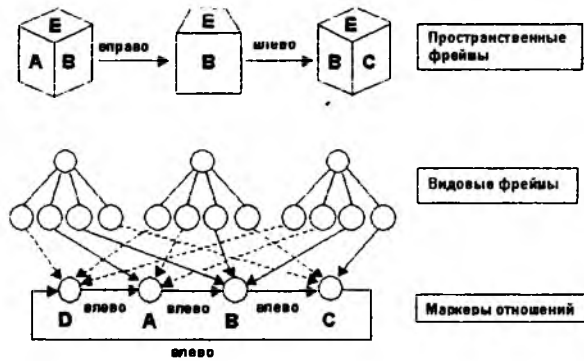


Рис. 1. Фреймы, соответствующие перемещению.

**Суть проблемы представления знаний.** Так как фрейм можно представить в виде сети, состоящей из узлов и связей между ними, то каждый узел должен быть заполнен своим «заданием», представляющим собой те или иные характерные черты ситуации, которой он соответствует [5]. В общем случае во фрейме можно выделить несколько уровней, иерархически связанных друг с другом. Узлы фрейма, принадлежащие к верхним уровням, представляют собой более общие вещи, которые всегда справедливы в отношении предполагаемой ситуации. Эти узлы уже заполнены своими заданиями. Например, узел самого верхнего уровня фрейма обычно заполнен названием ситуации (рис. 2), т. е. названием зрительного образа (это может быть, например, «куб»), названием действия (например, «адаптивное обучение»). Узлы нижних уровней по большей части не заполнены своими заданиями. Такие незаполненные узлы называют терминалами. Они должны быть заполнены конкретными данными, представляющими собой их возможные задания в процессе приспособления фрейма к конкретной ситуации, из того класса ситуаций, который представляет данный фрейм. Каждый терминал может ставить условия, которым должны отвечать его задания. Простые условия устанавливаются «маркерами», которые могут потребовать, например, чтобы заданием терминала было какое-то элементарное действие или «указатель» на какой-то другой фрейм, представляющий собой другую, обычно более частную ситуацию и называемый субфреймом. Более сложные условия могут устанавливать связи между заданиями для нескольких терминалов.

Группа фреймов может объединяться в систему фреймов. Результаты характерных действий отражаются с помощью трансформаций между фреймами системы. Они используются, чтобы ускорить вычисления определенных видов при представлении типичных изменений одной и той же ситуации.

Таким образом, фрейм может содержать большое число деталей, которые могут и не подтвердиться данной ситуацией. Задания отсутствия «непрочно» связаны со своими терминалами, поэтому они могут быть легко «вытеснены» другими заданиями, которые лучше подходят к текущей ситуации.

После того как выбран фрейм для представления ситуации, процесс согласования фрейма с данной конкретной ситуацией состоит в нахождении таких заданий для терминалов фрейма, которые совместимы с маркерами терминалов. Процесс согласования частично контролируется информацией, связанной с фреймом (в которую входит и информация относительно того, как действовать в случае появления необычных ситуаций, «сюрпризов»), а частично — знанием текущих целей.

Если выбранный фрейм не удается согласовать с реальностью, т. е. если невозможно найти задания для терминалов, которые соответствующим образом согласуются с условиями маркера, то происходит обращение к так называемой сети поиска информации, с помощью которой соединяются между собой системы фреймов. Эта сеть позволяет найти другие способы представления знаний о фактах, аналогиях и другой информации, которую можно использовать для согласования с реальностью.

В работе [5, 9] предлагается строить знания в виде фреймов-сценариев. Фрейм-сценарий представляет собой типовую структуру для некоторого действия, понятия события и т. п., включающую характерные элементы этого действия понятия, события.

Для объяснения быстрого понимания человеком ситуации, представляемой сценарием, предлагается отождествлять терминалы фрейма-сценария с наиболее характерными вопросами, обычно связанными с этой ситуацией. Ответы на эти вопросы полезно получить для понимания данной ситуации. По существу фрейм-сценарий в этом случае является собранием вопросов, которые необходимо задать относительно некоторой гипотетической ситуации, и способов ответа на них.

Следует отметить, что число вопросов, связанных с фреймом, не определено, и на первый взгляд кажется, что для понимания ситуации их может быть очень много. Однако на практике оказывается достаточным задать весьма мало вопросов, чтобы разобраться в ситуации.

Разные люди могут задавать разное число вопросов относительно одной и той же ситуации. Число и характер этих вопросов в большой степени зависят от базы знаний относительно обсуждаемого объекта у того или иного индивидуума. Может оказаться, что полное понимание не будет достигнуто из-за отсутствия у человека необходимой системы фреймов, объединяющих знания об обсуждаемом предмете.

Однако когда необходимая база знаний существует, а относительно обыденных понятий, действий, рассуждений она есть у любого человека, то для понимания ситуации обычно достаточно не очень большое количество вопросов. Это весьма принципиальное обстоятельство, благодаря которому на интуитивном уровне мы приходим к весьма обнадеживающему для практики положению, состоящему в том, что большое количество реальных ситуаций, возникающих при понимании языка, рассуждении, действиях можно понять, получив ответы на ограниченный круг вопросов. Это косвенно подтверждает возможность построения относительно простых моделей, в данном случае с помощью фреймов, достаточных для принятия решений в этих ситуациях.

**Проектирование фрейм-сценария адаптивного обучения.** В случае фреймов-сценариев маркеры терминалов фрейма становятся более сложными, чем это было в случае фреймов визуальных образов, и определяют рекомендации относительно того, каким образом надо отвечать на вопросы, т. е. заполнять терминал заданием. Каждый терминал должен содержать рекомендации относительно того, как найти его задание — ответ на вопрос. Задания отсутствия или перечень возможных ответов на вопросы являются самыми простыми особыми случаями таких рекомендаций.

В соответствии с подходом [5; 9] полное и всестороннее представление каждой ситуации типа событие, действие, рассуждение и т. п. подобно представлению визуального образа и осуществляется с помощью не одного, а системы фреймов. Каждый фрейм системы соответствует одной из возможных точек зрения на ситуацию, представляемую системой фреймов, подобно тому, как один из визуальных фреймов системы представляет визуальный образ из некоторой одной точки наблюдения. Различные фреймы системы представляют различные пути использо-

вания одной и той же информации, находящейся на общих терминалах. Как и в «визуальной ситуации» человек, понимая или передавая мысль, «выбирает» один из фреймов. Этот выбор «по существу» состоит в выборе вопросов, которые нужно задать относительно рассматриваемой ситуации.

Сценарий представляет собой последовательность действий, которые описывают часто встречающиеся ситуации. В этой последовательности действий используется принцип каузальной связи, т. е. результатом каждого действия являются условия, при которых может произойти следующее действие. Каждый сценарий имеет исполнителей ролей. Он имеет различные интерпретации, отражающие точки зрения различных исполнителей. Таким образом, его можно рассматривать как систему фреймов. Количество сценариев, отражающих возможные ситуации, встречающиеся в реальной жизни, огромно. Сюда относится и процесс адаптивного обучения [6].

**Сценарий: адаптивное обучение.** Роли: обучаемый, преподаватель, ЛПР.

Цель: получить знания, повысить качество обучения.

Сцена I. Входной контроль: тестирование; определение результатов тестирования; принятие решения.

Сцена II. Модульный контроль I: обучение; тестирование; определение результатов тестирования; переход на соответствующий уровень тестирования или режим восстановления знаний; принятие решения.

Сцена N. Модульный контроль N: обучение; тестирование; определение результатов тестирования; переход на соответствующий уровень тестирования или режим восстановления знаний; принятие решения.

Сцена N+1. Семестровый контроль: обучение; тестирование; определение результатов тестирования; переход на соответствующий уровень тестирования или режим восстановления знаний; принятие решения.

После каждого элементарного действия сценария могут возникнуть препятствия и ошибки, поэтому в сценарий вводятся различные наборы вопросов типа «что если...», ответ на которые необходимо получать после каждого элементарного действия. При положительном ответе на один из них в сценарии предусматриваются новые действия, устраняющие препятствия и ошибки. Таким образом, сценарий — не просто цепь событий, а скорее связанная цепочка действий. Он может разветвляться на множество возможных путей, которые сходятся в особо характерных для сценария точках — элементарных действиях. Для сценария с адаптивным обучением такими действиями являются «тестирование», «восстановление знаний» и «принятие решений».

Узел самого верхнего уровня сети отождествляется с заголовком сценария (адаптивное обучение). Дочерние вершины этого узла — терминалы фрейма («входной контроль», «модульный контроль I», «модульный контроль N» и «семестровый контроль»). Они отождествляются с набором вопросов типа «что если...» или в общем случае с набором любых других вопросов. Каждое из возможных заданий терминала, являющееся элементарным действием и обозначенное на рисунке кружком, соответствует совокупности ответов на набор вопросов. В простейшем случае имеется конечный перечень возможных ответов, который и определяет маркер терминала.

Каждое из возможных заданий терминала рассматривается в свою очередь как фрейм следующего по рангу уровня (субфрейм) со своими терминалами («уровни усвоения знаний», «решение»), которые представляются на рисунке дочерними вершинами заданий — субфреймов («тестирование M1T2.1», т. е. тестирование по модулю 1, тест второго уровня, вопрос первый и т. д., «тестирование C12.1» — тестирование по семестровому контролю, тест второго уровня, вопрос первый и т. д. и «восстановление знаний M1B32N» — восстановление знаний по модулю 1, по тесту второго уровня, по вопросу N). Задания терминалов следующего по рангу уровня, обозначенные кружками, являются более мелкими и сильнее конкретизированными элементарными действиями. Если и эти задания еще не являются достаточно конкретными, то фрейм может иметь еще один более низкий по иерархии уровень.

Не трудно убедиться, что описанная структура ранее представленного сценария сводится к обычному графу И/ИЛИ. Заметим, что при такой формализации дочерними вершинами для верхнего узла будут вершины типа ИЛИ.

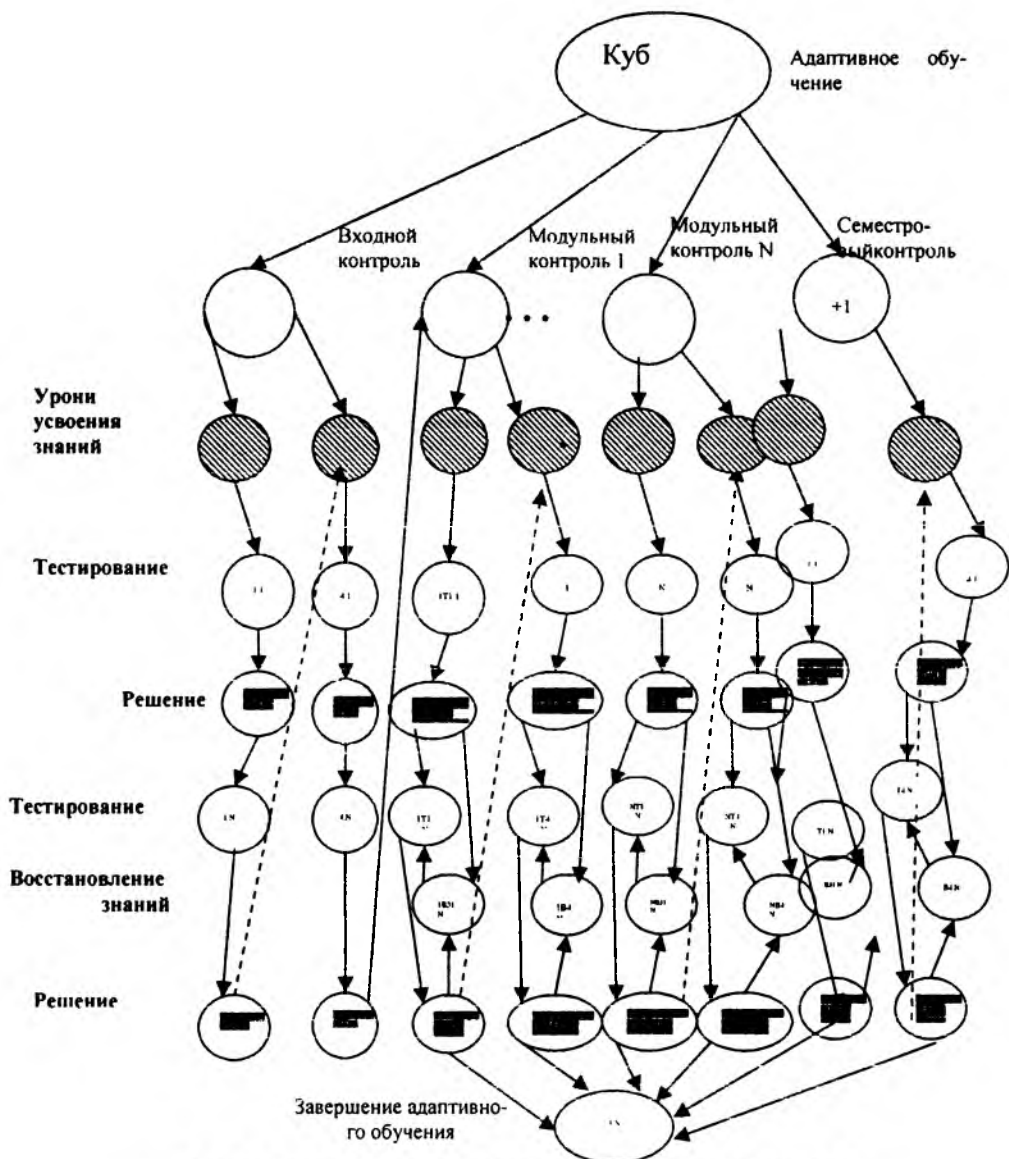


Рис. 2. Представление сценария адаптивного обучения.

Отметим, что терминалы фрейма и субфреймов в предлагаемой формализации в большинстве случаев отождествляются с действиями, которые являются обобщением всех действий, определяемых возможными заданиями в терминале. При таком представлении все вершины И/ИЛИ графа, формализующего фрейм, соответствуют действиям, причем тем более конкретизированным, чем ниже по иерархии вершина. Часто полезным оказывается использование обобщения графа И/ИЛИ, описывающего фрейм-сценарий, которое получается за счет представления вершинами графа не действий той или иной степени общности, а так называемых «схем действий».

Важно подчеркнуть, что если база знаний образована в компьютере совокупностью формализованных фреймов-сценариев, то очень вероятна возможность многократного вхождения одних и тех же схем действий в разные фреймы-сценарии. Эта вероятность тем больше, чем большее количество фреймов включает база знаний. Для использования этого обстоятельства с целью экономии памяти полезно связать каждую схему действия с каждым своим вхождением во фреймы, образующие базу знаний, посредством «множества вхождений», которое представляет указания на все те места в базе знаний, где есть ссылки на данную схему. Кроме того, каждая схема действия связана с объемлющей ее схемой.

Вершины ИЛИ, соответствующие входному, модульным и семестровому контролям, имеют по одной вершине И (уровень 1) и три вершины ИЛИ (уровни 2–4). Первые вершины

ИЛИ вершин И соответствуют действию, совершаемому при положительных или отрицательных результатах тестирования по уровням усвоения знаний. Каждая из этих вершин имеет вершины ИЛИ, соответствующие действиям, помеченным в сценарии принятием решением о дальнейшем тестировании или восстановлении знаний.

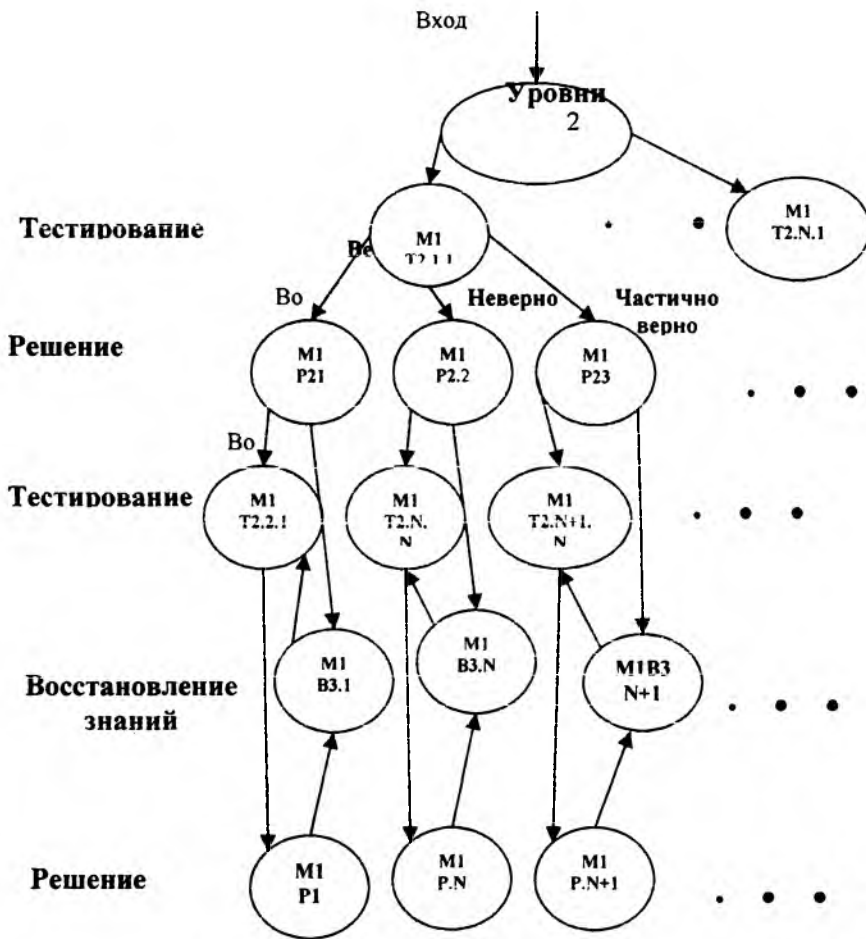


Рис. 3. Граф тернарной сети переходов.

При более детальном разложении графа, представленного на рис. 2, выбор вершин после действия «тестирование» зависит от уровня тестирования и значения теста, который представляется списком вопросов. Функция выбора осуществляется с помощью так называемой тернарной сети переходов (рис. 3). Каждый узел этой сети представляет собой вопрос, входящий в тест, а каждая из дуг, исходящих из узла, соответствует возможным ответам на вопросы. Количество дуг зависит от вида теста, отличающиеся друг от друга по уровням усвоения знаний (например: 1 уровень — шесть вопросов — один правильный ответ, 2 уровень — шесть вопросов — несколько правильных ответов и т. д.)

В зависимости от ответа на вопрос выбирается тот или иной узел сети, определяющий очередной вопрос теста, или действие в виде принятия решения или восстановления знаний. В результате происходит движение по сети по тому или иному пути в зависимости от характера ответов.

В процессе обучения элементы образа вызывают из памяти различные совокупности фреймов, большинство терминалов которых еще не согласовано с реальностью, а заполнено заданиями отсутствия. По мере поступления новой информации выясняется, что некоторые из первоначально выбранных из памяти субфреймов не согласуются с реальностью. Они заменяются другими более подходящими субфреймами, удовлетворяющими двум вышеприведенным условиям.

В простейшем случае такая замена осуществляется путем так называемой операции согласования. Она имеет место, когда отсутствуют особые знания относительно того, как поступать

при смене фрейма, кроме некоторой общей стратегии. Эта стратегия состоит в выборе после поступления очередной порции входной информации такого фрейма, для которого вся ранее поступившая информация и порция новой удовлетворяют маркерам его терминалов.

*Выводы.* Знания в базе знаний представлены в конкретной форме и организация базы знаний позволяет их легко определять, модифицировать и пополнять. Решение задач с помощью логического вывода на основе знаний хранящихся в базе знаний реализуется автономным механизмом логического вывода. Хотя оба эти компонента системы с точки зрения ее структуры являются независимыми, они находятся в тесной связи между собой и определение модели представления знаний накладывает ограничения на выбор соответствующего механизма логических выводов. Таким образом, при проектировании автоматизированных систем принятия решений в условиях адаптивного обучения необходимо анализировать оба указанных компонента. Чтобы манипулировать знаниями из реального мира с помощью компьютера, необходимо осуществлять их моделирование. При этом во многом выигрывает теория фреймов благодаря возможности использования в ней ожиданий и других видов предположений. Идеология фреймовой модели хорошо согласуется с идеологией объектно-ориентированного программирования. Каждый объект предметной области, таким образом, может быть описан в виде некоторого класса, обладающего собственными атрибутами и методами. Наследование между классами позволяет реализовать иерархичность объектов предметной области.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нечипоренко А. О геометрическом проецировании как особой конструктивной модели знания // <http://www.noolab.ru/articles/article19.asp>.
2. Крон Г. Тензорный анализ сетей. — М.: Советское радио, 1978.
3. Арменский А. Е. Тензорные методы построения информационных систем. — М.: Наука, 1989.
4. Березуев Р. И. Методология анализа сложных систем (Тензорный метод Г. Крона) // <http://www.berezuev.hotbox.ru>
5. Мински М. Фреймы для представления знаний // [http://www.compdialog.narod.ru/minski\\_frame.zip](http://www.compdialog.narod.ru/minski_frame.zip)
6. Яковенко А. Е. Организация адаптивного обучения с учетом требований Болонского процесса // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — Херсон: ХНТУ, 2004. — №2 (14). — С. 159–168.
7. Кузнецов П. Г. Искусственный интеллект и разум человеческой популяции // <http://www.nlgroupp.ru/>
8. Джексон П. Введение в экспертные системы. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
9. Minsky M. A framework for representing knowledge // D. Metzger ed. Frame conceptions and text understanding. — В.; N.Y.: Gruyter, 1980. — 1–25.