

Модель диагностики элементарной процедуры познавательной деятельности

Печников Денис Андреевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры кораблевождения,
Военный институт (военно-морской) ВУНЦ ВМФ “Военно-морская академия”,
Ушаковская наб., д. 17/1, г. Санкт-Петербург, Россия, 197045; тел. +7921780580724;
19pda72@bk.ru

Аннотация

В статье рассматриваются принципы построения структурной модели элементарной процедуры познавательной деятельности, построение алгоритма процедуры диагностики модели навыка, которые в свою очередь являются базисом для разработки процедуры автоматизированной диагностики познавательной деятельности обучаемого.

The article considers the principles of building a structural model of elementary procedures of cognitive activity, the construction of an algorithm of diagnostics of model skill, which in turn are the basis for the development of automated diagnosis of cognitive activity of the student.

Ключевые слова

Познавательная деятельность, диагностика, модель, умение, навыки, логическая схема, процедура, алгоритм, учебный элемент, графовая модель, процедура диагностики, автоматизированная оценка и диагностика.

Cognitive activity, diagnostics, model, ability, skills, logical design, procedure, algorithm, an educational element, graph model, diagnostic procedures, automated assessment and diagnosis

Введение

Процессы, происходящие в сознании человека, находят свое адекватное отражение в его познавательной деятельности и ее результатах. Однако контроль всех операций, производимых обучаемым в процессе решения познавательной задачи (усвоения нового учебного материала), невозможно реализовать по следующим причинам: 1) значительная часть действий с предметом задачи происходит в сознании обучаемого и не имеет непосредственных внешних проявлений в его деятельности; 2) все внешние проявления являются следствием не отдельных умственных действий, а умозаключений как результатов реализации некоторой совокупности умственных действий; 3) выходные параметры далеко не все внешних действий обучаемого могут быть измерены и идентифицированы средствами информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Отсутствие возможности непосредственного контроля всех действий определяет необходимость разработки процедур диагностики его деятельности.

Постановка задачи формализации процедуры диагностики познавательной деятельности

Анализ внутренних закономерностей происходящих процессов (диагностика) во всех сферах человеческой деятельности строится на анализе их внешних проявлений, т.е. результатов, наблюдаемых в итоге реализации этих процессов. В процессе умственных манипуляций с предметом познавательной задачи обучаемый строит собственную модель знания или умения (фактическая модель). Отклонения этой модели от ее нормативного (эталонного) вида являются результатом ошибок в усвоении, как рассматриваемой модели, так и других моделей, лежащих в ее основе. Так причинами ошибок в познавательной деятельности обучаемого могут быть погрешности не только в модели умения (применения знания), но и в самой модели

знания. Для выработки адекватного управляющего воздействия по корректуре моделей обучаемого обучающей системе должны быть известны те компоненты предъявленной обучаемым модели изучаемого объекта (ИО), отклонение которых от их эталонного вида привело к ошибке в решении познавательной задачи. Тогда, целью диагностики ошибок усвоения и основной функцией системы диагностики является поиск и выявление тех несоответствий между эталонной и фактической моделями ИО, которые являются первопричиной неадекватности анализируемой фактической модели.

Задача разработки процедуры диагностики познавательной деятельности обучаемого есть задача разработки рационального алгоритма анализа соответствия структур эталонной и фактической модели рассматриваемого ИО в целях выявления тех элементов его фактической модели, где эти несоответствия появляются впервые.

Модель диагностики деятельности обучаемого должна быть универсальной и адаптивной. Требование универсальности определяет возможность анализа моделей любых ИО. В свою очередь требование адаптивности предполагает оптимизацию самой процедуры диагностики за счет использования той информации о познавательной деятельности обучаемого, которая была получена от него в процессе решения познавательной задачи, т.е. до начала процедуры диагностики.

Кроме того, задача диагностики деятельности обучаемого средствами ИКТ принадлежит к множеству задач разработки “компьютерной дидактики как аналога традиционной дидактики, реализуемого средствами информационно-коммуникационных технологий (ИКТ)” [1]. Исходя из последнего положения, разрабатываемые модели должны полностью соответствовать представлениям современной педагогической науки и являться формализованными отображениями апробированных концепций педагогики и психологии.

Общий подход к отображению логико-смысловой структуры познавательной деятельности

Решать задачи диагностики можно, только имея в своем распоряжении такую модель исследуемого объекта, которая отвечает целям диагностики. Поэтому разработка процедур диагностики познавательной деятельности, прежде всего, предполагает выбор моделей результатов этой деятельности.

Результаты познания, как известно, могут быть представлены в виде знаний и умений (навыков), являющихся двумя основными компонентами и формами представления результатов обучения.

Н.М. Соломатиным обосновано, что знания и умения (навыки) как информационные семантические объекты характеризуются планом содержания и планом выражения: “план содержания (семантика) представляет собой внутреннюю смысловую сторону объекта, его логический строй, а план выражения (синтаксис) является внешней формальной формой и характеризует процесс его презентации” [2]. План содержания (логико-смысловая модель) изучаемого объекта (ИО) в общем случае является многомерным, а план выражения (процедурная модель) ИО всегда одномерен. “Одномерность плана выражения обусловлена линейностью любого языка (естественного или искусственного), исключающей фиксацию (написание, произнесение) двух и более слов одновременно” [2].

Из приведенных выше положений теории семантических систем следует, что любой ИО в соответствии с четкой сформулированной целью его изучения имеет один план содержания, т.е. фиксированную логико-смысловую модель (ЛСМ) ИО. При этом презентация любого ИО может быть произведена с применением различных планов выражения, т.е. любой ИО имеет некоторое множество процедурных моделей (ПМ). Как преподаватель, так и обучаемый могут описывать один и тот же ИО разными способами, но в случае достижения цели обучения результат их деятельности всегда будет представлен одним и тем же планом содержания, т.е. одной и той же ЛСМ ИО. Отсюда следует, что для решения задач диагностики целесообразно использовать не ПМ, а ЛСМ ИО.

Последний вывод в сфере педагогики подтверждает теория учебных задач Г.А. Балла, который акцентируется внимание на той “фундаментальной закономерности любой деятельности, которая заключается в единстве и принципиальном различии логического процесса и понятийного продукта познавательной деятельности: всякое соподчинение двух и более операндов третьему в процессе деятельности носит линейный характер, а результат этого соподчинения как продукт деятельности представляет собой логическую структуру иерархического, нелинейного типа” [3]. Поэтому “в процессе изучения способа решения родовых задач целесообразно фиксировать внимание учащихся не столько на алгоритмической процедуре решения, сколько на смысловой структуре связей элементов исходного и требуемого состояния предмета задачи” [3].

Для представления ЛСМ знания существует апробированный подход. В качестве его в [4,5,6,7] применяется представление семантической структуры знания в виде связанных ациклических графов (деревьев).

Каждая вершина такого графа соответствует одному понятию (концепту), а каждая дуга – отношению (связи) между понятиями, которые она соединяет. В [6] обоснованы следующие правила формирования графовой модели знания: 1) исходными вершинами могут являться только те понятия (концепты), которые уже усвоены обучаемыми; 2) любой концепт до его полного усвоения обучаемым не может быть представлен в виде одиночной вершины или дуги графа; 3) в любой графовой модели ранг связности пучка связей при любой вершине дерева должен быть больше или равен двум. Для расчета структурной сложности таких деревьев используются методики В.М. Мизинцева [4] и Л.П. Леонтьева [5]. Они обе базируются на идее А.И. Умова [8] об оценке субстратно-структурной сложности графовых моделей в энтропийных мерах теории информации. Обе методики доказали свою адекватность для решения задач управления обучением.

ЛСМ для описания умений практически не используются. Как сама деятельность, так и ее стереотипы (умение, навык) в педагогике, психологии и эргономике описываются как процессы, т.е. представлены в виде ПМ. Наиболее развитые ПМ умений строятся на основе таких эргономических методов описания деятельности как обобщенный структурный метод А.И. Губинского, операционно-психологический метод Г.М. Зараковского, структурно-алгоритмический метод Г.В. Суходольского и т.д. Все эти методы, как показано в [9], представляют ПМ умения в виде определенной последовательности операций и различаются по типам учитываемых операций (моторные, сенсорные, когнитивные и т.п.), методам их объединения и математической оценки. В качестве модели элементарной операции в эргономике рассматривается типовая функциональная единица (ТФЕ) деятельности. ТФЕ деятельности – это “формальное представление одиночной операции, включающее ее название, описание, обозначение и формулы расчета” [9].

Рассмотрим модель элементарной операции, представленную на рис. 1а.

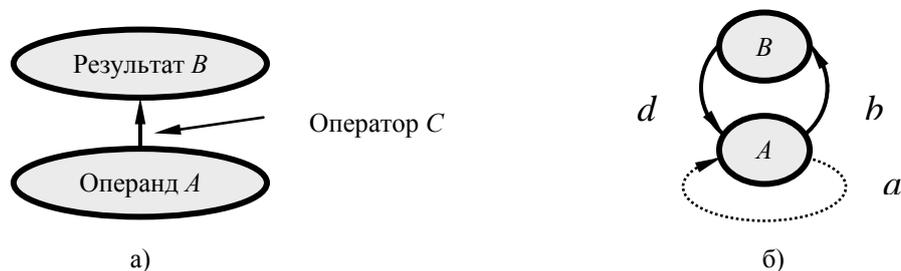


Рис. 1. Графовые модели элементарной операции (а) и ее диагностики (б)

Операция – это событие, состоящее в применении оператора С к операнду А. Структура S операции включает операнд (А), оператор (С) и результат (В) и описывается кортежем

$$S = \langle A, C, B \rangle. \quad (1)$$

Оператор C – это некоторое соответствие (правило, функция, функционал), сопоставляющее словам (знакам) в том или ином алфавите слова (знаки) в том же самом или некотором другом фиксированном алфавите. Операндом A является объект (предмет, понятие и т.п.) к которому применяется оператор. Эффективной называют операцию S , обеспечивающую совершенно определенное воздействие на операнд A и приводящую к необходимому результату B . Эффективность операции как воздействия, состоящего в применении оператора C к операнду A , определяется: а) соответствием оператора C цели операции; б) релевантностью операнда A оператору C ; в) корректностью реализации оператора C оперирующей системой.

Модель диагностики элементарной операции может быть представлена в виде, приведенном на рис. 1б. Она представляет собой элементарный акт (шаг) диагностики (на рис. 1б — дуга d) рассматриваемого операнда A . В результате реализации акта диагностики может быть получено два исхода:

1. Соответствие характеристик операнда A в эталонной и фактической моделях. Причина несовпадения результатов B в эталонной и фактической моделях диагностируется полностью и однозначно – это ошибка (на рис. 1б – дуга b) в выборе или реализации оператора C .

2. Несоответствие характеристик операнда A в эталонной и фактической моделях. Причина несовпадения результатов B в эталонной и фактической моделях полностью не диагностируется. Однозначно выявляется ошибка (на рис. 1б – дуга a) в характеристиках диагностируемого операнда A . Возможность ошибки в выборе или реализации оператора C не отвергается.

Для выполнения требования универсальности разрабатываемой модели ЛСМ умения нужно определить какой компонент ЛСМ знания соответствует ТФЕ (одиночной операции) познавательной деятельности, а также установить в каком виде должна быть представлена ТФЕ познавательной деятельности в ЛСМ умения.

Рассмотрим процедуру построения вектора скорости (\vec{V}_M) корабля на маневренном планшете. Эта процедура включает следующие операции: W_1 – восприятие (S_1) числа A_1 как параметра курса \hat{E}_i корабля; W_2 – восприятие (S_2) числа A_2 как параметра его скорости V_M ; Q_1 – актуализация (C_1) правила (Pr_1) выбора точки \hat{E}_i начала вектора (\vec{V}_M) из множества $\{K_i\}$; Q_2 – выбор (C_2) точки \hat{E}_i начала вектора \vec{V}_M ; Q_3 – актуализация (C_3) значения (A_1) курса \hat{E}_i как операнда; Q_4 – построение (C_4) из точки \hat{E}_i линии l курса \hat{E}_i ; Q_5 – актуализация (C_5) правила (Pr_5) перевода значений V из [узел] в [каб/мин]; Q_6 – актуализация значения (A_2) скорости V_M как операнда и его перевод (C_6) из [узлы] в [каб/мин]; Q_7 – актуализация (C_7) правила (Pr_7) выбора масштаба V ; Q_8 – выбор (C_8) масштаба (M_8) отображения V_M ; Q_9 – выбор (C_9) шкалы измерения V_M ; Q_{10} – измерение (C_{10}) отрезка v равного значению V_M ; Q_{11} – определение направления (C_{11}) и построение (C_{12}) отрезка v от точки \hat{E}_i по линии l (построение \vec{V}_M).

ПМ рассматриваемого умения в типовом алфавите операций, принятом в операционно-психологическом методе Г.М. Зараковского [9], может быть представлена в двух эквивалентных с позиций эргономики видах (см. рис. 2а и 2б), где операции Q_1 – Q_{11} представляют собой собственно ПМ умения (собственно алгоритм решения задачи нанесения вектора скорости корабля вектора на планшет), а остальные – операции восприятия условий поставленной задачи.

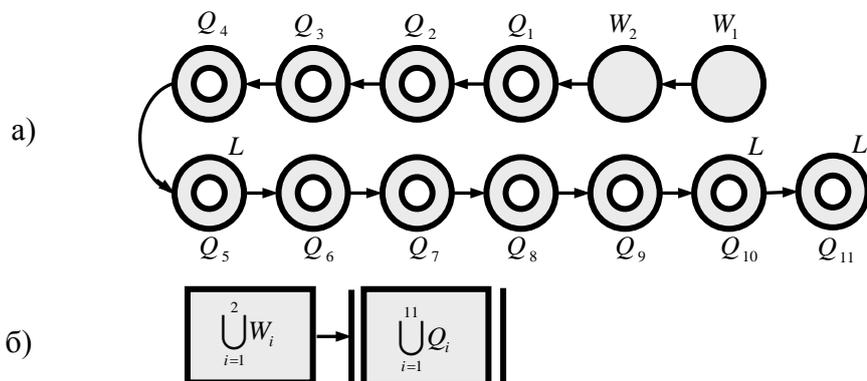


Рис. 2. Варианты процедурных моделей рассматриваемой деятельности

Хотя представленные на рис. 2а и 2б структуры с точки зрения эргономики эквивалентны [9], но с позиций психологической теории поэтапного формирования умственных действий [10] они отображают два различных стереотипа деятельности.

Первая структура (рис. 2а) представляет собой слабо сформированное (начальное) умение. Оно характеризуется полной актуализацией всех элементов и дискретным, осознанным контролем всех операций. Вторая структура (рис. 2б) представляет навык. Он характеризуется: 1) свернутой актуализацией элементов деятельности (сокращенными умозаключениями); 2) неосознаваемым (автоматизированным) контролем по целостному признаку соответствия результатов познавательной деятельности ее некоторой интегративной модели.

С учетом этих особенностей ПМ умения, приведенные на рис. 2, должны быть представлены различными графовыми моделями. Процедуре, отображенной на рис. 2а, должна соответствовать ЛСМ умения, представленная на рис. 3.

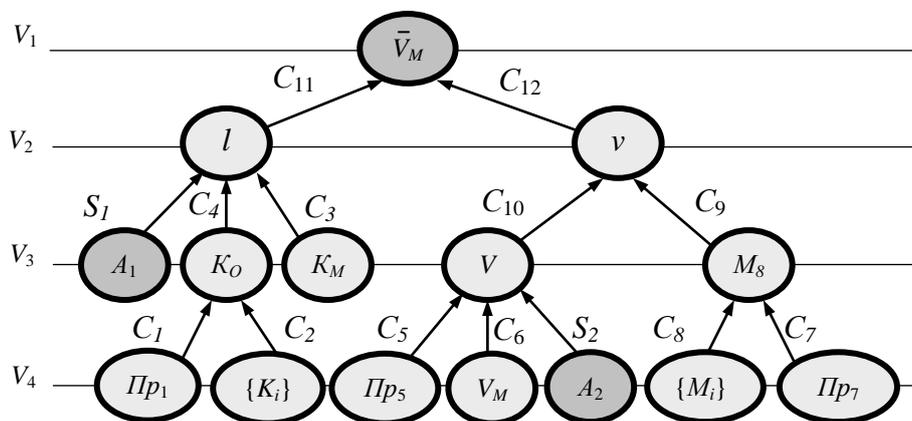


Рис. 3. Логико-смысловая модель начального умения

ЛСМ, представленная на рис. 3, включает все операнды и операторы, которые составляют алгоритм решения задачи построения вектора скорости корабля. Эта модель способна обеспечить контроль актуализации каждого из операндов и выполнения каждого из операторов рассматриваемой процедуры, а потому полностью соответствует приведенным выше характеристикам начального умения.

Большинство из представленных на рис. 2 операций, в отличие от операции, приведенной на рис. 1, имеют не один, а два или более операндов, к которым применяется оператор, реализующий сложные правила с несколькими аргументами. В отношении таких операций в теории учебных задач принято положение о том, что

в “случае применения одного и того же сложного оператора одновременно в отношении нескольких операндов эту совокупность одиночных операндов следует рассматривать как один составной операнд” [3]. Этой рекомендации в правилах формирования графовых моделей ИО, сформулированных в [4,5,6], соответствует следующее положение: “процедура познавательной деятельности обучаемого представляется в виде пучка связей, когда операции, входящие в состав рассматриваемой процедуры, не могут быть представлены в виде более сложной структуры в силу своей элементарности” [6]. Это правило и реализовано на рис. 3.

Для определения ЛСМ навыка рассмотрим способ получения ПМ, приведенной на рис. 2б.

Анализируемая ПМ получена из процедуры, представленной на рис. 2а, на основе применения известного в эргономике принципа эквивалентирования. Этот принцип определяет, что “отдельные фрагменты или весь процесс функционирования в целом могут заменяться операциями, имеющими те же количественные значения показателей надежности и качества функционирования, что и исходные фрагменты” [9]. Другими словами, принцип эквивалентирования определяет корректность свертки любой последовательности ТФЕ деятельности в единый компонент (функциональную единицу) деятельности, имеющую те же характеристики безошибочности (надежности) и быстродействия (своевременности выполнения), что и исходная последовательность ТФЕ. Аналогом процедуре эквивалентирования эргономики в психологии являются энтимемы.

Энтимема – это сокращенное умозаключение. Переход к сокращенным умозаключениям, энтимемам, – факт не логический, а психологический. “Сущность феномена энтимем состоит в том, что на определенном этапе освоения деятельности часть знаний и умственных операций приобретает новую, особую форму существования: они “имеются в виду”, учитываются в процессе мышления, но не актуализируются. Переход к сокращенным умозаключениям является необходимым условием и признаком формирования навыков” [10]. При этом “психологический механизм навыка включает всю систему ему предшествующих форм, которые непосредственно уже не выполняются, но имеются в виду, и этим обеспечивают сохранение в сознании объективной логики сокращенного действия” [11].

В соответствии с приведенными выше положениями процедуру реализации навыка корректно представить в виде элементарной процедуры, включающей две операции: 1) операцию W восприятия совокупности условий выполнения процедуры (значений задаваемых операндов); 2) операцию Q получения необходимого результата B . Эта процедура представлена на рис. 2б. Если в дополнении к принципу эквивалентирования и явлению энтимем учесть понятия составного операнда и сложного оператора, введенные в теории учебных задач [3], то ЛСМ навыка можно представить в виде, представленном на рис. 4.

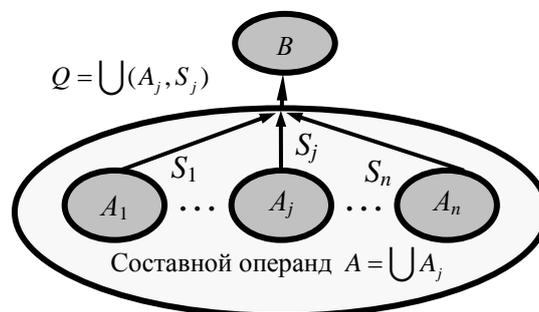


Рис. 4. Принципиальная структура навыка

В теории семантических систем [2] и теории управления обучением [5,6,12] также есть положения тождественные процедуре эквивалентирования эргономики и явлению энтимем психологии: “любое понятие (действие и т.п.) представляется в

виде сложного образования только в процессе его усвоения или в процессе его объяснения. Во всех остальных случаях это понятие в умственной деятельности человека выступает как целостный объект (единица смысла)” [2]. Таким образом, данные психологии, эргономики и теории семантических систем свидетельствуют, что процедура реализации навыка, вне зависимости от структурной сложности начального умения, должна рассматриваться в виде элементарной процедуры.

Как отмечалось выше, элементарная процедура в графовых формах представления ЛСМ имеет вид пучка связей. Поэтому ЛСМ навыка должна представляться в виде пучка связей, корневая вершина которого отображает результат операции реализации навыка, а конечные вершины – исходные характеристики операндов этой операции. Таким образом, ЛСМ навыка, которая соответствует ЛСМ начального умения, приведенного на рис. 3, должна иметь вид, представленный на рис. 5.

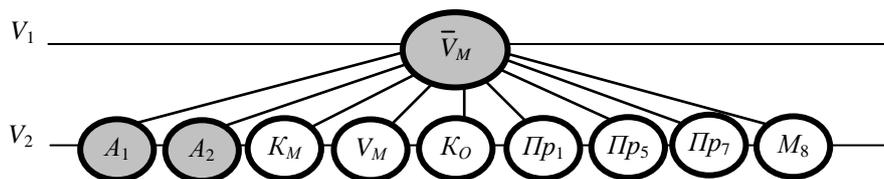


Рис. 5. Логико-смысловая модель навыка (элементарной процедуры)

Значит, структура навыка, как и структура операции, описывается кортежем $S = \langle A, C, B \rangle$, в котором: $A = \cup A_j$ – составной операнд исходных условий деятельности; $C = \cup (A_j, S_j)$ – эффективный алгоритм, представленный в сознании обучаемого в виде единой модели деятельности; B – результат; (A_j, S_j) – операнд и оператор j -ой операции. ЛСМ умения (см. рис. 3) может быть представлена в виде ЛСМ навыка (см. рис. 5) только при условии, что все компоненты (операнды, операторы и операции) процедуры решения задачи уже усвоены обучаемым.

3. Процедура диагностики навыка

С учетом изложенного выше модель диагностики навыка (элементарной процедуры деятельности) может быть представлена в виде, приведенном на рис. 6.

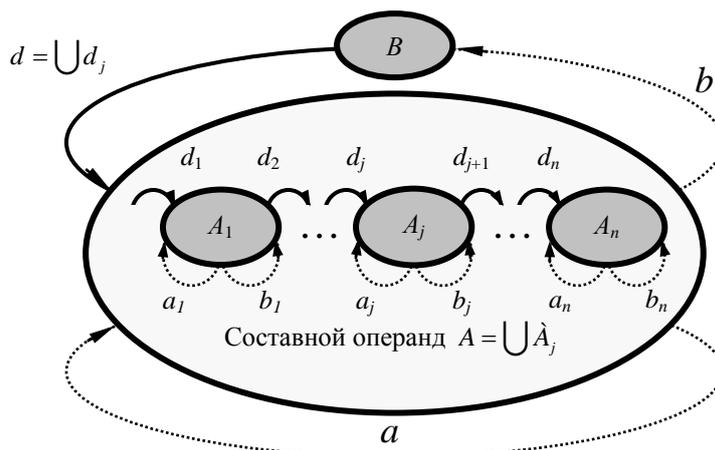


Рис. 6. Модель диагностики элементарной процедуры деятельности

Эффективность процедуры диагностики определяется: а) соответствием алгоритма $C = \cup (A_j, S_j)$ поставленной цели; б) релевантностью составного операнда $A = \cup A_j$ алгоритму C (корректностью исходных данных); в) корректностью

реализации алгоритма \tilde{N} обучаемым. Поскольку сам алгоритм и корректность его реализации являются характеристиками оперирующей системы (обучаемого), а исходные данные таковыми не являются, то результаты диагностики последних позволяют сделать корректный вывод о наличии ошибок в деятельности обучаемого.

Процедура диагностики составного операнда $A = \cup A_j$ (на рис. 6 – дуга d) может быть представлена в виде процедуры $d \supseteq \{d_j\}$, включающей последовательно осуществляемые элементарные шаги диагностики частных операндов $A_j \in A$. В результате реализации каждого из шагов d_j может быть получено два исхода:

1. Отрицательный ($d_j = 0$) – при несоответствии критериальных характеристик операнда A_j в эталонной и фактической моделях (на рис. 6 – дуги a_j).
2. Положительный ($d_j = 1$) – при соответствии критериальных характеристик операнда A_j в эталонной и фактической моделях (на рис. 6 – дуги b_j).

Результат всей процедуры $d \supseteq \{d_j\}$ должен определяться с учетом исхода всех шагов d_j на основании следующего соотношения:

$$\forall d \supseteq \{d_j\} (j = \overline{1, n}) \begin{cases} d_1 \wedge d_2 \wedge \dots \wedge d_j \wedge \dots \wedge d_n = 1 \rightarrow d = 1 \\ d_1 \wedge d_2 \wedge \dots \wedge d_j \wedge \dots \wedge d_n = 0 \rightarrow d = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Положительное завершение процедуры (2) имеет место только в том случае, если последовательная конъюнкция процедур ее составляющих истинна. Результаты (2) обеспечивают корректность следующих выводов:

1. Из $d = 1$ следует, что причиной несовпадения результатов B (на рис. 6 – дуга b) в эталонной и фактической моделях являются ошибки обучаемого в выборе или реализации алгоритма деятельности (возможность ошибки в восприятии критериальных характеристик операндов A_j исключается).
2. Из $d = 0$ следует, что причиной несовпадения результатов B (на рис. 6 – дуга a) в эталонной и фактической моделях являются ошибки обучаемого в восприятии характеристик диагностируемых операндов A_j (возможность ошибки в выборе или реализации алгоритма деятельности не исключается).

Если обучаемым приняты некорректные исходные данные A_i , то диагностика его возможных ошибок в выборе или реализации алгоритма C может быть произведена следующим способом:

1. Результат $B_{\text{эт}}$ моделируется на основе алгоритма C и значений операндов A_j , принятых обучаемым. Совпадения $B_{\text{эт}}$ с результатом $B_{\text{об}}$ обучаемого диагностируется как отсутствие ошибок в выборе или реализации алгоритма процедуры. В случае несовпадения диагностируется наличие ошибок.

2. Устраняются ошибки обучаемого в восприятии критериальных характеристик исходных операндов A_j . По результатам следующего выполнения рассматриваемой типовой процедуры устанавливается факт наличия ошибок в выборе и реализации алгоритма C .

Требования к представлению ЛСМ умения в специальном программном обеспечении, определяются требованиями к процедуре $d \supseteq \{d_j\}$. Они, как было показано выше, включают требование универсальности и требование возможности оптимизации самой процедуры $d \supseteq \{d_j\}$ за счет использования той информации о деятельности обучаемого, которая была получена от него в процессе решения задачи, т.е. до начала процедуры диагностики. Последнее требование может быть выполнено, если ЛСМ умения будет обеспечивать:

- 1) возможность идентификации всех вершин порождаемых рассматриваемой вершиной дерева (вершин расположенных на более низких уровнях V_i иерархии дерева и имеющих связь с рассматриваемой вершиной);

2) возможность идентификации всех вершин порождающих рассматриваемую вершину дерева (вершин расположенных на более высоких уровнях V_i иерархии дерева и имеющих связь с рассматриваемой вершиной).

Анализ существующих теоретических и прикладных методов представления знаний [2,5,6,7,13,14,15,16] позволяет сделать вывод, что наиболее полно последним требованиям соответствуют фреймовые модели.

Фреймовые модели рассматриваются в качестве специального “метода представления знаний, который связывает свойства с узлами, представляющими понятия и объекты” [14] и “по существу, фрейм является тем средством, которое может связать декларативные и процедурные знания о некоторой сущности в единую структуру записей” [15]. Фрейм представляет собой “структуру данных для представления стереотипных ситуаций” [13] и “является сетью узлов и отношений, организованных иерархически, где верхние узлы представляют общие понятия, а нижние более частные случаи этих понятий” [12]:

$$f [\langle r_1, g_1 \rangle, \dots, \langle r_i, g_i \rangle, \dots, \langle r_n, g_n \rangle], \quad (3)$$

где: f – имя фрейма, пара $\langle r_i, g_i \rangle$ – i -ый слот, r – имя слота, g – качественная или количественная характеристика объекта r .

Фреймы обладают свойством вложенности, т.е. в качестве значения слота может выступать система имен слотов более низкого уровня. “Возможность иметь в качестве значений слотов ссылки на другие фреймы и на другие слоты того же самого фрейма обеспечивают фреймовым языкам удовлетворение требованиям структурированности и связности знаний” [16]. В соответствии с (3) модель элементарной процедуры (модель навыка) можно представить в виде

$$B (A_1, \dots, A_j, \dots, A_n), \quad (4)$$

где: B – результат процедуры (имя вершины, порождающей связи дерева СМ умения); A_j – исходные данные (имена вершин, порождаемых вершиной B).

Представление модели навыка в виде (4) удовлетворяет всем предъявляемым требованиям, т.е. обеспечивает возможность идентификации как порождаемых, так и порождающих вершин. Применение (4) на основе свойства вложенности фреймов обеспечивает отображение умений любой конфигурации и степени сложности. Например, модель умения, приведенная на рис. 2а, на основании (4) может быть адекватно представлена в виде

$$'V_M' ('I' ('A_1', 'K_O' ('Pr_1', '\{K_i\}'), 'K_M'), 'V' ('V' ('Pr_5', 'V_M', 'A_2'), 'M' ('M_i', 'Pr_7'))), (5)$$

где знаки ' ' использованы для выделения имени слотов в целях исключения возможности идентификации знаков вида $()$, $[\]$, $\{ \}$, которые могут применяться в именах слотов, в виде знаков, определяющих структуру фрейма.

Реализация процедуры $d \supseteq \{d_j\}$ и оценка (2) ее результатов с учетом детерминированности, избыточности и упорядоченности структуры дерева любой модели умения не требуют смысловой интерпретации знаний, отображаемых рассматриваемым деревом. Эти свойства, а также отсутствие требований интерпретируемости результатов диагностики определяют возможность анализа моделей вида (4,5) средствами существующей информационной технологии обработки данных.

Для реализации процедуры $d \supseteq \{d_j\}$ без расширения структуры слотов модель (4) должна быть дополнена файлом эталонных данных, имеющим структуру

$$\begin{aligned} ID_1 & \text{--- } X_{\text{эт}}^1 \text{--- } \Delta X_{\text{эт}}^1; \\ ID_j & \text{--- } X_{\text{эт}}^j \text{--- } \Delta X_{\text{эт}}^j; \\ ID_n & \text{--- } X_{\text{эт}}^n \text{--- } \Delta X_{\text{эт}}^n \end{aligned} \quad (6)$$

где: ID_j – идентификатор вершины (имя слота); X_{y0}^j – эталонное значение критериальной характеристики; ΔX_{y0}^j – максимально возможное отклонение от X_{y0}^j .

Файл (6) обеспечивает реализацию элементарных шагов d_i диагностики по условию

$$\forall d_j (d_j \in d) \left\{ \begin{array}{l} |X_{эп}^j - X_{об}^j| > \Delta X_{эп}^j \rightarrow d_j = 0 \\ |X_{эп}^j - X_{об}^j| \leq \Delta X_{эп}^j \rightarrow d_j = 1 \end{array} \right\}, \quad (7)$$

где: X_{ia}^j - значение критериальной характеристики, представленное обучаемым.

Тогда алгоритм диагностики навыка может быть представлен в виде, приведенном на рис. 7.

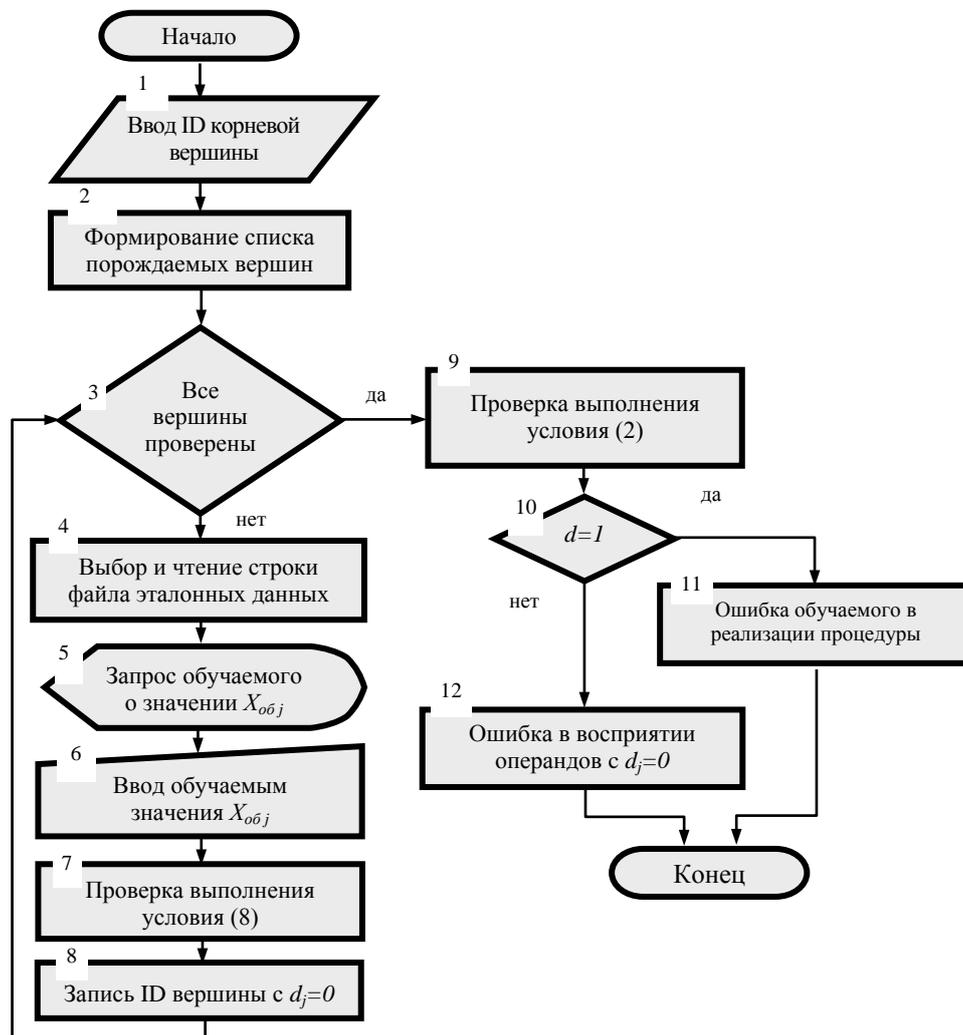


Рис. 7. Алгоритм диагностики элементарной процедуры деятельности

Вывод

Представленные выше модели и процедуры полностью соответствуют представлениям современной педагогики, психологии и эргономики. Они отвечают предъявленным к ним требованиям универсальности и адаптивности, а потому могут

составить базис для разработки процедур автоматизированной диагностики познавательной деятельности обучаемого.

Литература:

1. Котова Е.Е., Печников А.Н., Шиков А.Н. Эргономический подход к решению проблем е-дидактики // Биотехносфера. 2014. № 6. С. 39-45. URL: <http://www.polytechnics.ru/shop/product-details/298-biotexnosfera-6-2014.html> (дата обращения: 14.01.2015)
2. Перспективы развития вычислительной техники: в 11 кн.: Справ. Пособие / Под ред. Смирнова Ю.М., кн. 1: Информационные семантические системы / Соломатин Н.М. - М.: Высшая школа, 1989. – 127с. URL: <http://www.twirpx.com/file/777245/> (дата обращения: 14.01.2015)
3. Балл Г.А. Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект.– М.: Педагогика, 1990.– 184 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/165960/> (дата обращения: 14.01.2015)
4. Мизинцев В.П., Кочергин А.В. Проблема аналитической оценки качества и эффективности учебного процесса в школе. - Куйбышев: Куйб. гос. пед. ин-т, 1986. – 67с.
5. Леонтьев Л.П., Гохман О.Г. Проблемы управления учебным процессом (математические модели). - Рига: “Зинанте”, 1984. – 145 с.
6. Печников А.Н. Теоретические основы психолого-педагогического проектирования автоматизированных обучающих систем. - Петродворец: ВВМУРЭ им. А.С. Попова, 1995. - 326с. URL: http://www.pedlib.ru/Books/1/0224/1_0224-8.shtml (дата обращения: 14.01.2015)
7. Тазетдинов А.Д. Математические модели процесса усвоения знаний в автоматизированных обучающих системах: монография – СПб.: ГУАП, 2009. - 64 с.
8. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. - М.: “Мысль”, 1978.- 272 с. URL: http://www.philosoph.onu.edu.ua/elb/uemov/system_general_theory.pdf (дата обращения: 14.01.2015)
9. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: справочник. Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. - М.: Машиностроение, 1993. – 527с. URL: <http://www.twirpx.com/file/1398106/> (дата обращения: 14.01.2015)
10. Гальперин П.Я., Талызина Н.Ф. Формирование знаний и умений на основе теории поэтапного формирования умственных действий. - М.: Изд. МГУ, 1968. - 135 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/1466447/> (дата обращения: 14.01.2015)
11. Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний. - М.: Изд-во МГУ, 1975. - 344 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/240265/> (дата обращения: 14.01.2015)
12. Печников А.Н., Шиков А.Н. Проектирование и применение компьютерных технологий обучения. - СПб.: Изд-во ВВМ, 2014. - 393с. URL: <http://elibrary.ru/download/98535745.pdf> (дата обращения: 14.01.2015)
13. Минский М. Фреймы для представления знаний: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. –151с. URL: <http://www.twirpx.com/file/159962/> (дата обращения: 14.01.2015)
14. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989.- 388с.
15. Джексон П. Введение в экспертные системы: Пер. с англ. / Под общ. рук. В.Т. Тертышный . – 3-е изд. – Киев: Вильямс, 2001 . – 622 с. URL: <http://256bit.ru/Expert/index.html> (дата обращения: 14.01.2015)
16. Пospelов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 278с. URL: <http://www.ccas.ru/pospgerm/papers/paper1.doc> (дата обращения: 14.01.2015)