

Компьютерная оценка качества формирования навыков и умений при реализации компетентностного подхода в обучении*

В статье рассмотрена проблема эффективной организации формирования навыков и умений как одной из важных составляющих компетентностного подхода в образовании, реализуемого образовательными стандартами последних поколений. Решение поставленной проблемы предлагает использование компьютерного инструментария для оценки качества формирования навыков и умений на основе предложенной модели задачи. В статье предложен подход к созданию модели оценки уровня сформированности навыков в системах управления знаниями на основе методов математического моделирования. Уделено внимание стратегии оценки и технике оценивания, опирающейся на использование правил нечеткой математики, и приведена алгоритмическая реализация предложенной модели оценки качества формирования навыков.

Ключевые слова: компетентностный подход, навыки и умения; образовательные модели, модель оценки качества формирования навыков, стратегии контроля, нечеткие оценки.

COMPUTER EVALUATION OF SKILLS FORMATION QUALITY IN THE IMPLEMENTATION OF COMPETENCE-BASED APPROACH TO LEARNING

The article deals with the problem of effective organization of skills forming as an important part of the competence approach in education, implemented via educational standards of new generation. The solution of the problem suggests using of computer tools to assess the quality of skills formation and abilities based on the proposed model of the problem. This paper proposes an approach to creating an assessing model of the level of skills formation in knowledge management systems based on mathematical modeling methods. Attention is paid to the evaluation strategy and technology of assessment, which is based on the use of rules of fuzzy mathematics. Algorithmic implementation of the proposed model of evaluation of the quality of skills development is shown as well.

Keywords: competence-based approach, skills and abilities, educational models, model of skills forming quality assessment, control strategy, fuzzy estimates.

Введение

Современная образовательная парадигма в российском образовании опирается на компетентностный подход, предполагающий наличие у обучаемого не только стандартного набора знаний, но и навыков и умений, позволяющих ему в достаточной мере ориентироваться в разнообразии возникающих ситуаций, прежде всего в своей профессиональной деятельности. В полной мере указанная па-

радигма развернута в федеральных государственных образовательных стандартах последних поколений, где значительная роль отводится формированию у обучаемого необходимых умений и навыков, а не только научно-теоретического базиса, определяемого будущей специальностью. Именно поэтому при реализации компетентностного подхода в учебные программы изучаемых дисциплин, в соответствии с требованиями образовательных стандартов, закладываются пара-

метры описания знаний, умений и владений (навыков), которыми должен обладать обучаемый после завершения образовательного цикла [1]. В этой связи уместно будет заметить, что получение естественно-научного (инженерного) образования связано с рядом особенностей, которые в достаточной мере затрудняют комплексное внедрение компетентностного подхода. Главные из них связаны с тем, что для реализации учебных программ таких специальностей принципи-

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-07-00537.



Виталия Александровна Журавлева,
студент
Тел.: +79896132373
Эл. почта: vitalina_90@mail.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Vitalia A. Zhuravleva,
final year student
Tel.: +79896132373
E-mail: vitalina_90@mail.ru
Southern federal university,
www.sfedu.ru



Владимир Васильевич Марков,
к.т.н., доцент
Тел.: (8634) 371651
Эл. почта: v_v_mar@mail.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Vladimir V. Markov,
Ph.D., Associate Professor
Tel.: (8634) 371651
E-mail: v_v_mar@mail.ru
Southern federal university,
www.sfedu.ru

ально необходима повседневная практическая деятельность, направленная на формирование профессиональных умений и навыков и в конечном итоге требуемых компетенций. При этом очевидно, что далеко не всегда имеются возможности как для эффективной организации формирования навыков и умений, с одной стороны, так и для эффективной оценки объема и качества сформированных навыков, с другой. Возникающая проблема оценки компетенций (по крайней мере, в части формирования навыков и умений) усугубляется практическим отсутствием проверочного инструментария и до настоящего времени не стандартизована, что является очень важным при количественном определении уровня обладания студентом требуемыми компетенциями.

Очевидным и достаточно эффективным способом разрешения части упомянутой проблемы могло бы стать применение информационных технологий для целей диагностики компетентности обучаемого. Действительно, достаточно большое количество формируемых в рамках заданной компетенции навыков и умений можно представить как хорошо структурируемую (практическую) задачу, что предопределяет возможность ее моделирования, реализации и оценки с помощью компьютерных информационных технологий. Другими словами, исследования, связанные с разработкой компьютерных обучающих и контролирующих сред и систем, использующих образовательные модели и инструментарий, ориентированные на технологии реализации компетентностного подхода в подготовке специалистов, имеют на сегодняшний день высокую значимость [2]. Дополнительный интерес к решению указанной проблемы возникает в связи с формированием среды открытого образования (ОО), развиваемой в рамках программы Министерства образования и науки РФ по созданию системы ОО. Существенным моментом при этом является разработка и внедрение единой информационно-образовательной среды открытого образования РФ (ИОС ОО РФ) на базе технологий адаптивного ОО с использованием современных информационных и телекоммуникационных техноло-

гий, в том числе технологий и техник контроля качества обучения в соответствии с новыми образовательными стандартами.

В решении проблемы оценки и контроля качества формирования навыков и умений представляется оправданным использование техник компьютерного контроля как эффективного инструментария оценки качества освоения учебного материала. Стоит отметить, что компьютерный контроль сегодня является наиболее объективным и алгоритмизируемым способом педагогических измерений. Поэтому вопросы алгоритмизации и построения средств компьютерного контроля сформированности навыков и умений, которым и посвящена настоящая работа, представляют определенный интерес.

1. Онтологический аспект задачи оценки навыков и умений

Для того чтобы сформулировать задачу оценки навыков и умений (с точки зрения их сформированности), необходимо ясно понимать, что собой представляет понятие «навык» («умение»). И здесь следует заметить, что единого определения указанного понятия на сегодняшний день не существует. Приведем несколько, чаще других встречающихся, вариантов определения навыка:

- это хорошо сформированное действие, в динамическую структуру которого входят когнитивные компоненты: сенсомоторный образ рабочего пространства, образ исполнительного акта, программа действия и контроль (текущий и конечный) за его совершением, а также исполнительные (моторные) компоненты, включая коррекционные процессы. (Большой психологический словарь / под ред. Б.Г. Мещерякова, В.П. Зинченко. – СПб, 2003);

- это доведенное до автоматизма путем многократных повторений действие (Головин С.Ю. Словарь практического психолога. – М., 1998);

- это автоматизированное действие, сформированное путём многократного его повторения и воспроизводимое в последующем без усилий, без пошаговой сознательной регуляции и контроля (Жмуров В.А. Большая энциклопедия по психиатрии. – М., 2012);

• это слитная благодаря общей функции цепь закрепленных в повторении операций (Крысько В.Г. Психология и педагогика. – СПб., 2006).

Что касается понятия «умение», то здесь нужно отметить, что соотношения между понятиями «умение» и «навык» также до сих пор не уточнены. Договоримся под умением понимать возможность осуществлять на профессиональном уровне какую-либо деятельность; при этом умения формируются на базе нескольких навыков, характеризующих степень овладения действиями.

Приведенные выше онтологии позволяют сформулировать ряд выводов, имеющих важное значение для постановки задачи оценки навыков и умений:

1. Навык, в общем случае, есть процедура, состоящая из отдельных операций (интеллектуальных, моторных или профессиональных), последовательное выполнение которых направлено на получение конкретного и достижимого результата.

2. Степень автоматизма правильного выполнения операций – как их содержания, так и последовательности реализации – должна возрастать в течение процесса формирования навыка.

3. Признаком сформированности навыка (или умения) является качество действий, а не уровень автоматизма их реализации.

4. Под качеством сформированности навыка можно понимать достижение заданного результата за реально минимальное (для конкретного обучаемого) или нормативное время.

5. Качество формирования навыка во многом определяется организацией контроля (динамического и тонического) и коррекционных процедур.

6. Качество формирования навыка возможно обеспечить при корректном задании образа рабочего пространства для данного навыка, начальных параметров и ожидаемого результата.

На основании сделанных выводов можно прийти к следующему описанию проблемы: оценку сформированности навыка можно представить как оценку (в рамках заданного образа деятельностного пространства) соответствия операций, образующих в заданной по-

следовательности их выполнения формируемый навык, некоторому эталонному алгоритму реализации данного навыка. При этом процедуры контроля степени осмысленности действий и программы их выполнения должны сопровождаться коррекционной составляющей, формируемой в соответствии с принятыми критериями оценки качества.

2. Модель задачи компьютерной оценки качества формирования навыков

С учетом сказанного выше, построим модель задачи компьютерной оценки качества формирования навыков. Любой формируемый навык N_j можно в этом случае представить как

$$N_j = \langle RP_j, D, AD_j, C, Kr \rangle,$$

где RP_j – образ рабочего пространства навыка N_j . Образ рабочего пространства подразумевает область определения задачи (в том числе и область входных данных), в рамках которой формируется данный навык;

D – множество действий, характерных и допустимых для заданной области определения задачи, выполнение которых, в соответствии с заданным алгоритмом, и составляет собственно формируемый навык;

AD_j – алгоритм действий, выполнение которого приводит к результату, достигаемому формируемым навыком;

C – контроль и оценка как отдельных действий, выполняемых в ходе реализации навыка, так и качества сформированности навыка в целом;

Kr – коррекционные процессы на основе контроля и оценки действий, образующих навык.

Нужно заметить, что мощность множества D в общем случае может быть больше количества действий, необходимых для формирования навыка в эталонном варианте алгоритма его реализации. При этом следует иметь в виду, что отличие навыка, демонстрируемого обучаемым, от эталонного алгоритма реализации, не всегда можно считать неверным, если искомый результат навыка в конечном итоге достигается. Но в случае отличия от эта-

лонного алгоритма некоторое действие (отличное от действия, включенного в эталонный алгоритм) может порождать подмножество действий, приводящее после их выполнения или к возврату в эталонный алгоритм на последующих шагах, или к искомому результату.

Базовыми элементами для организации системы контроля и оценки сформированности навыка являются:

- множество действий D , порождаемых областью определения задачи;

- множество действий D_j , из которых формируется навык N_j ;

- алгоритм действий AD_j , при реализации которого формируется навык N_j ;

$$D = \{d_k\}, k = 1, n;$$

$$D \subseteq D_j = \{d_{(j)i}\}, i = 1, m$$

$$AD_j = \langle d_{(j)i} \rangle, \forall d_{(j)i} \in RP_j;$$

- множество выводов H , называемые гипотезами [3, 4], формируемые на каждом шаге демонстрации сформированности навыка в предположении нескольких возможных реакций обучаемых;

- множество симптомов S , определяющих степень соответствия действия обучаемого той или иной гипотезе. Конкретный шаг обучаемого всегда подтверждает, подтверждает частично или опровергает ту или иную гипотезу.

На основании выделенных базовых элементов организации системы контроля и оценки сформированности навыка можно сформулировать общую стратегию оценки сформированности навыка: модель формируемого представляется в виде множества доступных действий. При этом на заданном множестве определяются отношения (ожидаемый «правильный» алгоритм, реализующий оцениваемый навык). Вывод о том, в какой степени действия обучаемого на каждом шаге построения «своего» алгоритма реализации оцениваемого навыка являются верными, производится на основании оценки степени соответствия эталонного и полученного ответов. Помимо этого, выявление степени соответствия эталонного и полученного ответов, по сути, определяет тактику дальнейшего продолжения тестирования. Более подробно процедура построения модели эксперта описана в [5]. Модель задачи компьютерной оценки качес-

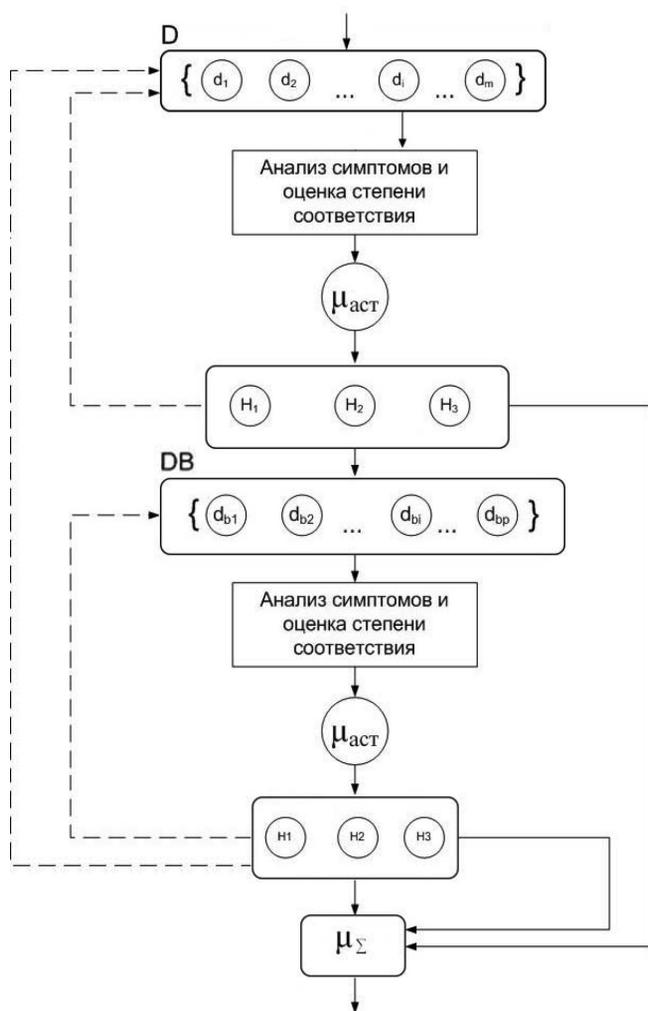


Рис. 1. Модель задачи компьютерной оценки качества формирования навыков

тва формирования навыков, построенная, исходя из приведенных выше посылок, будет иметь вид, показанный на рис. 1.

Следует пояснить, что исходное множество предъявляемых действий состоит из трех подмножеств: подмножества действий, соответствующих эталону навыка; подмножества действий, допустимых при формировании навыка; и подмножества неверных для данного навыка действий. Такой прием позволяет осуществить динамическую составляющую контроля. Поддержка тонической составляющей контроля реализуется за счет динамического формирования множества предъявляемых действий в соответствии со стратегией, базирующейся на анализе симптомов выбора и проверке гипотезы (рис. 2).

Суть стратегии динамического формирования действий такова: если на *i*-м шаге выбрано действие из подмножества эталонных, то просто модифицируется множество действий,

предъявлявшееся на *i* – 1 шаге; если выбрано действие из подмножества допустимых, формируется порождаемое выбранным действием новое подмножество допустимых дей-

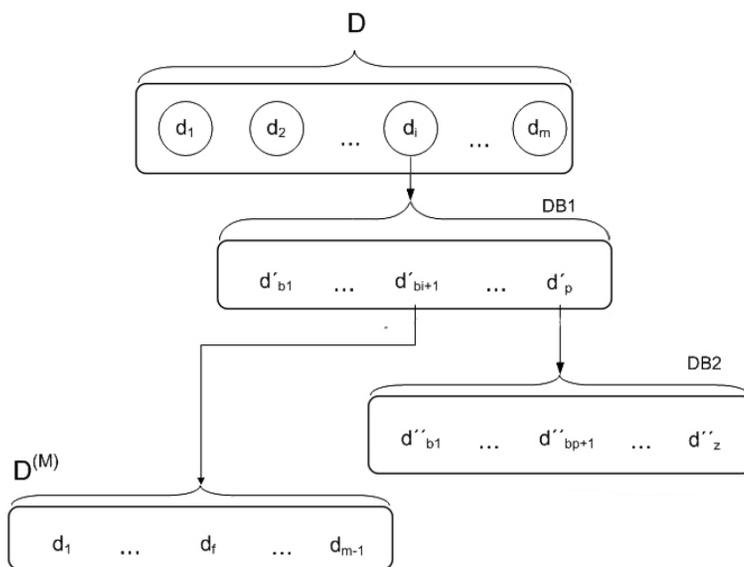


Рис. 2. Динамическое формирование множества действий

ствий, включающее, если это возможно, и следующее, по ходу алгоритма, эталонное действие. Число уровней порождения задается заранее.

3. Реализация модели задачи оценки сформированности навыка

Алгоритмическая реализация модели может быть поддержана двумя вариантами, в зависимости от требуемого уровня автоматизма навыка.

Вариант 1. Полный автоматизм. В этом случае алгоритм оценки достаточно прост и выглядит следующим образом:

1. Предъявление допустимого множества действий, включая неверные варианты.
2. Выбор текущего действия. Оценка времени, потраченного на выбор действия.
3. Оценка степени соответствия («да», «нет») выбранного действия эталону.
4. Если выбранное действие соответствует эталону и оно не может повторяться в дальнейшем, оно исключается из допустимого множества действий. Расчет суммарного времени выбора действий и переход к 5. Иначе – фиксация ошибки и переход к 6.
5. Если искомый результат навыка не достигнут, переход к 1.
6. Вывод оценки владения навыком и формирование корректирующего воздействия (рекомендации).

Вариант 2. Требуемая степень автоматизма отличается от полной. В этом случае алгоритм оценки

сформированности навыка несколько сложнее:

1. Предъявление множества действий, включающего верные, допустимые и неверные варианты.

2. Выбор текущего действия. Оценка времени, потраченного на выбор действия.

3. Оценка степени соответствия выбранного действия эталону.

4. Если выбранное действие соответствует эталону и оно не может повторяться в дальнейшем, оно исключается из допустимого множества действий. Расчет локальной оценки сформированности навыка, суммарного времени выбора действий и переход к 5. Иначе – переход к 6.

5. Если искомым результатом навыка не достигнут, переход к 1, иначе к 6.

6. Если выбранное действие не соответствует допустимому, то переход к 9.

7. Если разрешенный уровень (число) порождений дополнительных множеств превышен, переход к 8, иначе формируется порождаемое текущим выбором дополнительное множество допустимых действий и переход к 2.

8. Расчет суммарных оценок владения навыком.

9. Формирование корректирующих воздействий и вывод результата.

В последнем варианте алгоритма интерес представляет собственно оценка сформированности навыка. Очевидно, что в случае замены эталонного действия некоторой последовательностью допустимых действий оценка такой замены в двоичной логике будет неправиль-

на и наиболее корректно в этом случае использовать технику нечеткой логики. Возможность такого подхода можно обеспечить, снабдив гипотезу о возможности использования допустимого действия вместо эталонного симптомами, отражающими степень приближения (функцию принадлежности) выбранного допустимого действия к эталонному. Тогда, в соответствии с [7], для любого выбора можно определить его качество R , т.е. соответствие эталонному действию, через значение функции принадлежности:

$$\forall d_{(ji)} \in D \Rightarrow \exists R(D / d_{(ji)} \in D); \\ R(D / d_{(ji)}) \Rightarrow \mu(d_{(ji)}); \\ \mu(d_{(ji)}) \in M = [0, 1],$$

где $\mu(d_{(ji)})$ – значение функции принадлежности (показатель качества выбора).

Суммарная оценка владения навыком по всем действиям, формирующим навык, может быть определена следующим образом:

$$\mu_{\Sigma} = \frac{k}{\frac{1}{\mu_{act1}} + \dots + \frac{1}{\mu_{actj}} + \dots + \frac{1}{\mu_{actk}}},$$

где k – число уровней порождения дополнительных допустимых подмножеств действий; μ_{act} – вклад в текущую оценку показателя качества ответа при выборе, вместо эталонного, последовательности допустимых действий.

Очевидно, что последующий переход от нечеткой интегральной оценки к ее более привычной

шкальной интерпретации достаточно прост.

Заключение

Данная работа посвящена важной и актуальной проблеме, связанной с адекватным оцениванием уровня сформированности навыка у обучаемого. Целью исследования являлась оценка возможности применения методов и инструментария компьютерного контроля уровня сформированности навыков с использованием нечетких оценок, что позволит реализовать принципы компетентностного подхода к процессу обучения. В процессе анализа проблемы был исследован онтологический аспект задачи, на основе чего были определены основные элементы математической модели задачи компьютерной оценки качества формирования навыка и предложена алгоритмическая реализация данной модели. Использование предложенного метода является оправданным в рамках концепции открытого образования, так как он может быть реализован в информационной среде вуза и позволяет, таким образом, подходить к вопросу оценивания с точки зрения адаптивных систем, что на сегодняшний день является крайне актуальным аспектом при разработке систем контроля знаний. Развитием данной работы может стать создание глобальной системы оценки уровня компетентности обучаемых, которая могла бы успешно применяться в информационно-образовательных системах вузов.

Литература

1. Министерство образования и науки РФ. Федеральные образовательные государственные стандарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/336>
2. Башмаков А.И. Интеллектуальные информационные технологии / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
3. Атанов Г.А., Пустынникова И.Н. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы. – Донецк: Изд-во ДООУ, 2002. – 504 с.
4. Кравченко Ю.А. Теоретические основы создания интеллектуальных систем обучения. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 134 с.
5. Марков В.В. Методика извлечения и оценки знаний на основе нечеткой модели эксперта // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2011. – № 7 (120). – С. 137–141.
6. Кравченко Ю.А., Бова В.В. Нечеткое моделирование разнородных знаний в интеллектуальных обучающих системах // Открытое образование. – 2013. – № 4(99). – С. 70–74.
7. Марков В.В., Рура Е.С. Подсистема контроля знаний на основе использования техники нечеткого программирования // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2013. – № 7 (114). – С. 126–130.