УДК 004.81
ВАК 05.25.05
РИНЦ 14.35.09

В.В. Курейчик, В.В. Бова

Моделирование процесса представления знаний в интеллектуальных обучающих системах на основе компетентностного подхода*

Статья посвящена рассмотрению вопросов представления разнородных знаний в интеллектуальных обучающих системах и процедур построения на их основе динамической модели управления обучением. На основе анализа особенностей информационной составляющей процесса управления знаниями в условиях неопределенности предложена информационная модель в виде элементов формальной системы представления разнородных знаний. Особенность модели – возможность построения на ее основе индивидуальных траекторий обучения с учетом системы межпредметных связей в условиях компетентностного подхода.

Ключевые слова: *информационная модель представления разнородных знаний, интеллектуальные обучающие системы, компетентностный подход, системы управления знаниями.*

MODELING OF PROCESS KNOWLEDGE REPRESENTATION IN INTELLECTUAL INSTRUCTIONAL SYSTEMS BASED ON COMPETENCE APPROACH

The article is devoted to issues of heterogeneous knowledge representation in intellectual educational systems and procedures of construction of dynamic model learning management on their basis. On having analyzed the information component of the knowledge management process under uncertainty we proposed information model in the form of elements of a formal system of heterogeneous knowledge representations. The peculiarity of the model is to build on its base individual learning paths based on intersubject communications of system in conditions of the competence approach

Keywords: *information model of heterogeneous knowledge representation, intelligent educational systems, competence approach, knowledge management systems.*

Введение

Современный этап развития непрерывного образования характеризуется возрастанием сложности задач, решаемых в обучении. Такая тенденция связана, прежде всего, с увеличением объема необходимых для изучения знаний, нестабильностью востребованных компетенций на рынке труда, необходимостью учета дидактических требований к реализации индивидуального обучения на протяжении всей жизни [1]. Кроме того, множественность построения индивидуальных траекторий обучения, необходимость учета интегративных тенденций в представлении знаний приводят к образованию большого количества разнообразных отношений, возникающих между отдельными элементами обучения, что затрудняет непосредственную формализацию информационных процессов в системах управления знаниями.

Обучающая система является сложной интегрированной организационно-технической средой, управление которой содержит, наряду с неформализованными и слабоструктурированными задачами в условиях неполной информации, ещё и класс задач смешанного типа, которые используют как аналитические, так и эвристические модели [2]. Такие задачи характеризуются случайностью внешних воздействий, априорной неполнотой разнородных знаний, неопределённостью целей системы формируемых компетенций. Решение данных задач требует совершенствования методологии создания интеллектуальных систем управления знания-

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00242) в Южном федеральном университете

Владимир Викторович Курейчик,
д.т.н., профессор
Тел.: (8634) 371651
Эл. почта: vkur@tgn.sfedu.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Vladimir V. Kureychik,
Doctor of Science, Professor
Tel.: (8634) 371651
E-mail: vkur@tgn.sfedu.ru
Southern federal university,
www.sfedu.ru

Виктория Викторовна Бова,
ст. преподаватель
Тел.: (8634) 371651
Эл. почта: vvbova@yandex.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Victoria V. Bova,
senior lecturer
Tel.: (8634) 371651
E-mail: vvbova@yandex.ru
Southern federal university,
www.sfedu.ru

ми на основе современных достижений в области психологической теории обучения, системного анализа, теорий управления и адаптации, методов и технологий искусственного интеллекта.

Задача интеллектуальной поддержки построения системы управления знаниями предполагает создание системы формальных представлений функций преобразования и использования наиболее значимых знаниевых, навыковых и деятельностных компетенций профессионально ориентированного обучения. Для её решения необходимо проанализировать особенности функционирования обучающих систем на информационном уровне, определить основные составляющие элементы структуры пространства разнородных знаний, методы их формирования, разработать модель формирования знаний с учетом системы межпредметных связей в условиях компетентностного подхода.

1. Концептуальная модель представления знаний

Подход к построению концептуальной модели представления знаний в образовательном пространстве основан на декомпозиции результатов обучения и установлении между ними причинно-следственных связей для структурирования и отбора компетентностно ориентированного содержания в пространстве разнородных знаний [2].

Неотъемлемой составляющей системы обучения является информация, характеризующая объект управления (обучаемого). Поэтому процесс управления знаниями моделируется как процесс перехода между состояниями пространства обучения. Это пространство – результат структурирования и представления знаний под планируемые результаты обучения и их компетенции.

В системе управления знаниями состояния, связанные с ожидаемыми результатами обучения, определяют как целевые, а состояния, связанные с уже достигнутыми на момент начала их формирования, – исходные состояния процесса.

Достижение целевых состояний процесса обучения из исходных решается как оптимизационная задача поиска кратчайших путей в пространстве разнородных знаний, композиция которых и является индивидуальной образовательной траекторией. Под разнородными знаниями подразумеваются все предметные знания эксперта о составе и структуре образовательного пространства, представленного в системе обучения с целью получения обучаемым необходимого уровня составляющих компетентности в данной области знаний [3].

Рассмотрим основные информационные процессы и их характеристики (особенности), которые необходимы при разработке модели управления разнородными знаниями. На рис. 1 схематично показано распределение информационных процессов по отношению к сово-

Рис. 1. *Формирование системы моделей представления знаний*

купности информационных моделей, назначением которых является определение основных объектов знаний, их структур и взаимосвязей.

Процесс представления знаний в обучающей системе включает в себя следующие пять этапов:

• планирование результатов обучения для структурирования образовательного пространства с целью построения модели иерархии компетенций;

• планирование ожидаемого результата обучения в образовательном пространстве с целью построения компетентностной модели обучаемого (КМО);

• установление причинно-следственных связей между результатами обучения с целью построения модели обучения в пространстве разнородных знаний в виде информационной модели межпредметных связей;

• отбор компетентностно ориентированного содержания для формирования модели учебной дисциплины в виде рекомендуемой последовательности учебных элементов и вариативных учебных модулей;

• планирование образовательных траекторий в пространстве знаний для формирования ожидаемого результата учебных достижений с целью разработки информационной модели стратегии обучения.

2. Построение модели управления обучением на макроуровне

Основу учебной деятельности в интеллектуальных обучающих системах составляют отношения между элементами (объектами) этой деятельности. В процессе обучения – это отношения между элементами множеств учебных дисциплин, обучаемых, формируемых компетенций, а также отношения, возникающие между элементами внутри каждого из этих множеств.

1. Приведем краткую характеристику рассматриваемых множеств и зададим отношения между их элементами. Представим учебный процесс сложной управляемой системой, имеющей множество элементов (объектов) и отношений (связей) между ними. С целью упрощения и уменьшения размерности задачи, а также основываясь на обобщенной схеме управления процессом обучения [4], будем полагать, что сложная система состоит из множества обучаемых $\{M_1, M_2, \ldots, M_n\} \in M$; множества монопредметных структурированных учебных дисциплин $\{d_1, d_2, \ldots, d_m\} \in D$, каждое из которых состоит из множества учебных элементов (УЭ); множества формируемых компетенций $\{k_1, k_2, \ldots, k_r\} \in K$. Взаимосвязи между указанными элементами, образующие систему управления обучением на макроуровне, представлены на рис. 2.

В данной схеме объектом управления (ОУ) является множество обучаемых M. В качестве устройства управления (УУ) рассматривается система в виде интеллектуального преобразователя, который на основе информации о состоянии ОУ вырабатывает информацию об очередном управляющем воздействии в виде очередного УЭ, рекомендуемого для изучения.

Так как УЭ входит в состав учебных дисциплин, а также, учитывая определяющую роль преподавателя как одного из субъектов УУ в формировании структуры учебной дисциплины, управляющая система упрощенно представлена на схеме множеством D, а командная информация – в виде последовательности

Рис. 2. *Общая структурная схема управления обучением*

Рис. 3. *Интеллектуальная поддержка управления обучением*

УЭ. Информация о состоянии обучения в виде требований к компетенциям обучаемых обозначена на схеме K, а $K'_{факт}$.

Следует различать ожидаемый результат обучения и результат, фактически достигнутый обучаемым. Для формирования и измерения достигнутого результата обучения в КМО планируются прогноз достижимости результатов обучения в процессе реализации модели стратегии (содержания) обучения. Успешность подготовки определяется, прежде всего, тем, насколько достигнутый результат превысил минимальный (пороговый) уровень компетенций обучаемого, определяемый КМО.

Схема интеллектуального преобразователя, построенная в соответствии с теорией функциональной системы [5], представлена на рис. 3. На основании сведений об окружающей среде и собственном состоянии системы при наличии потребности и мотивации формируется цель, которая, наряду с другими данными, воспринимается системой, осуществляющей логический вывод. Вывод получим на основе использования формирующей базы знаний (БЗ) учебной дисциплины, дидактических рекомендаций и правил вывода относительно целесообразности установления системы межпредметных связей.

На основе логического вывода принимается решение о действии, т.е. выборе очередного УЭ, и прогнозируются результаты как достижимость требуемой компетенции (акцептор действия). В соответствии с принятым решением вырабатывается управление, т.е. осуществляется обучающее воздействие с помощью дидактических средств. В этом проявляется воздействие на ОУ. Результаты контроля усвоения рекомендуемой последовательности УЭ сравниваются с прогнозируемыми (механизм обратной связи, акцептор действия). При их несоответствии на базе новой экспертной оценки принимается решение, вырабатывается и реализуется управление, устраняющее это несоответствие, т.е. выполняется этап коррекции [5].

При соответствии результатов подкрепляется предшествующее управление. Если соответствие недостижимо, то уточняется цель. Приведенная схема (рис. 3) – конкретизация инвариантной структуры функциональной системы афферентного синтеза [6], являющегося исходным для построения любой целенаправленной деятельности в области управления обучением.

3. Модель предметных знаний с позиции компетентностного подхода

Для успешной реализации компетентностного подхода в обучении необходимо наличие двух групп дидактических условий отбора и конструирования содержания образования, а также эффективной работы с ним, обеспечивающих получение качественно нового образовательного результата. Эти условия задают сущностные черты интеллектуальной поддержки процесса обучения, в плане выработки эффективных стратегий представления индивидуальных образовательных траекторий на основе модели компетенций специалиста [3, 7].

Представим структуру модели управления предметными знаниями (рис. 4), реализующей индивидуальные образовательные траектории, зависящие от целей и содержания планируемой учебной деятельности. Элементами представления предметных знаний в системе являются:

$YM_1, YM_2, ..., YM_k$ – альтернативные учебные модули. Каждая область знаний может быть основой для описания нескольких компетенций. Упорядоченная последовательность приобретаемых компетенций задает множество связей и отношений между элементами учебного процесса и лежит в основе набора альтернатив учебных модулей [5–7].

Элементами множества $M_л$ являются «личностные» качества обучаемого, отражающие индивидуальные особенности и мотивационные характеристики, влияющие на выбор формы обучения.

Исходные компетенции (ИК) – это те компетенции, которыми владеет обучаемый на момент начала подготовки по программе или перед началом изучения конкретного модуля, а целевые компетенции (ЦК) – те, которыми он хочет овладеть по завершении обучения. ЦК входят в результаты обучения:

O_1 – анализатор исходных данных, устанавливающий принадлежность обучаемого к конкретному классу на основе модели компетенций обучаемого;

O_2 – анализатор требований на обучение, определяющий предпочтительность выбора того или иного модуля для включения в программу обучения (точка включения – после блока построения КМО перед обращением к учебным модулям);

O_3 – анализатор текущего обучения, позволяющий вносить коррективы в маршрут обучения и влиять на выбор учебных модулей (УМ);

O_4 – анализатор конечного состояния, позволяющий оценить уровень освоения выбранных (заданных) результатов обучения;

O_5 – анализатор процесса обучения, позволяющий накапливать знания об опыте предшествующего обучения (включается после фор-

Рис. 4. *Схема формирования индивидуальных траекторий обучения*

мирования перечня достигнутых компетенций).

Для формирования модели профессиональных компетенций определяются основные профессиональные задачи (по видам профессиональной деятельности) и выделяются компетенции, освоение которых позволит решить конкретные профессиональные задачи в зависимости от уровня «погружения» в предметную область (уровня сложности) на начальные, базовые и специальные [8].

Таким образом, модель знаний с учетом сформированной классификации компетенций представляется в следующем виде:

$$M_s = F(C, O, T, Y, R, N),$$

где C – множество, содержащее общие сведения об обучаемом;

O, T, Y, R, N – множество общекультурных, технологических, специально-профессиональных, проектных и научно-исследовательских компетенций, соответственно.

Каждое из четырех множеств T, Y, R, N – это объединение подмножеств профессиональных компетенций соответствующего вида деятельности, но разных уровней знаний: начальных (T_n, Y_n, R_n, N_n), базовых (T_b, Y_b, R_b, N_b) и специализированных (T_s , Y_s, R_s, N_s).

Следовательно, множество технологических компетенций можно записать так:

$$T = (T_n \cup T_b \cup T_s),$$

где $T_n = \{t_{ni}\}$, $i = \overline{1, k_n}$ – подмножество компетенций начального уровня;

$T_b = \{t_{bi}\}$, $i = \overline{1, k_b}$ – базового уровня;

$T_s = \{t_{si}\}$, $i = \overline{1, k_s}$ – специализированного уровня.

Множества компетенций Y, R, N распадаются на подмножества и определяются аналогично:

$$Y = (Y_n \cup Y_b \cup Y_s),$$
$$R = (R_n \cup R_b \cup R_s),$$
$$N = (N_n \cup N_b \cup N_s).$$

Все множества и подмножества в зависимости от указанной степени важности компетенций будут вносить свою долю в параметры модели (участвовать в расчетах с соответствующим относительным весом).

Расчет функции F:

$$F_{\Sigma} \sum_{i=1}^{L} a_i K_i,$$

где a_i – весовой коэффициент, учитывающий важность формирования соответствующего множества компетенций;

$i = \overline{1, L}$, L – количество подмножеств начальных, базовых или специальных компетенций. Под K_i будем понимать любое множество компетенций:

$$T = (T_n \cup T_b \cup T_s),$$
$$Y = (Y_n \cup Y_b \cup Y_s),$$
$$R = (R_n \cup R_b \cup R_s),$$
$$N = (N_n \cup N_b \cup N_s).$$

При организации и планировании учебного процесса модель знаний описывает комплекс свойств и компетенций, к достижению которых будет стремиться обучаемый.

4. Формализация элементов модели стратегии обучения с учетом межпредметных связей

Рассмотрим краткую характеристику каждого из рассматриваемых множеств M, D, K. Существует множество подходов к заданию отношений между обучаемыми [4, 5, 8]. Однако с точки зрения управления наиболее эффективно – разбиение множества M на гомогенные (однородные) группы в соответствии с индивидуальными характеристиками обучаемых. Дидактическое обоснование необходимости такого разбиения приведено в [3–5]. Различные формы автоматизированного обучения, в частности с применением дистанционных технологий, позволяют формировать виртуальные коллективы обучаемых по критериям познавательных способностей. При данном разбиении можно уменьшить размерность множества формируемых управляющих воздействий с учетом индивидуальных характеристик обучаемых [7, 9]. Таким образом, множество обучаемых M состоит из подмножеств M_1, M_2, …, M_{nl}, причем:

$$M_1 \cup M_2 \cup \ldots \cup M_{nl} = M.$$

Каждая из групп M_i характеризуется набором атрибутов $ИК = \langle H, A \rangle$, где H – уровень усвоения, A – степень абстракции. Согласно известному методу матричного сопоставления личностных свойств и видов учебной деятельности определено восемь основных компонентов в структуре интеллекта, формирование которых способствует наилучшей реализации генетических задатков индивида [10]. Таким образом,

$$\text{Mi} = \{\langle H, A \rangle_j\}, \; i = \overline{1, 8}$$

где j – основные компоненты в структуре интеллекта (например, логико-математический, пространственный и т.д.).

В соответствии с иерархической структурой монопредметной учебной дисциплины определим множество d_i как совокупность подмножеств учебных модулей $d_i^{m_x}$, учебных элементов $d_i^{e_y}$, тем $d_i^{t_z}$, где индексы x, y, z определяют мощность соответствующих подмножеств, т.е. количество УМ, УЭ и тем соответственно.

Тогда, используя отношение включения, можно записать:

$$(((d_i^{t_z} \subset d_i^{e_y}) \subset d_i^{m_x}) \subset d_i) \subset D.$$

Процесс формирования системы профессиональных компетенций K был рассмотрен ранее. В соответствии с компетенциями выделяются технологические k_i^{tf}, специально-профессиональные k_i^{Sh}, проектные k_i^{pg}, научно-исследовательские $k_i^{n_t}$, где индексы f, h, g, t определяют мощность соответствующих подмножеств, т.е. количество соответствующих компетенций в указанных группах.

Процесс формирования компетенций отражает свойство эмерджентности, которое проявляется в том, что достижение системы компетенций не равно сумме знаний, умений и навыков каждой из учебных дисциплин [10]. Таким образом,

$$K_i \neq d_1 + d_2 + \ldots + d_m.$$

В общем случае в достижении компетенций участвуют, кроме учебных дисциплин, множества межпредметных связей $\{mp_{1–2}, mp_{2–3}, \ldots mp_{v–r}\} \in MP$, где $mp_{v–r}$ – множество межпредметных связей между учебными дисциплинами v и r.

Зададим отношения между рассмотренными множествами обучаемых M, учебными дисциплинами D, системой формируемых компетенций K. Отношения между элементами множеств M и D соответствуют множеству отношений «овладеть учебным материалом». Обозначим его O^* (знак * используется для отличия множества элементов системы от множества отношений). Тогда можно записать MO^*D, что означает: множество обучаемых овладевает множеством учебных дисциплин. Множество отношений между элементами множества D и K, M и K обозначим F^* и W^* соответственно. Они означают: F^* – «формирует компетенцию» и W^* – «достичь компетенции».

В связи с тем, что для формирования последовательности изучения УЭ необходимо учесть внутрипредметные и межпредметные связи, введем дополнительно отношения между УЭ, отражающие указанные взаимосвязи. На схеме возможных взаимосвязей между УЭ (рис. 5) обозначены следующие виды отношений:

1 – отношение «изучаемый УЭ» входит в «изучение темы» – отношение подчинения;

2 – отношение «изучаемый УЭ» следует за «изученным УЭ» – отношение следования;

3 – отношение «изучаемый УЭ» предшествует «учебному элементу» – отношение предшествования;

4 – отношение «межпредметная связь» между УЭ и темой (соответствует дидактически применяемому отношению «часть – целое»);

5 – отношение «межпредметная связь» между УЭ учебной дисциплины d_1 и d_2 («часть – часть»);

6 – отношение «межпредметная связь» между УМ учебной дисциплины d_1 и d_2 («целое – целое»).

Все остальные возможные отношения между структурными элементами учебных дисциплин сводятся к рассмотренным шести видам отношений. Например, отношения, выражающие межпредметную связь между темами и разделами, разделами и учебными дисциплинами, относятся к 4-му виду отношений – «часть – целое». Между элементами множеств MP и K вводится отношение включения.

Рис. 5. *Схема взаимосвязей между УЭ предметных знаний*

На основе детального рассмотрения множеств и отношений между ними, возникающими при выборе последовательности УЭ, а также основываясь на определении модели Q, приведенной в работе [5], в которой моделью называют кортеж, состоящий из некоторого множества и отношений на этом множестве: отношения подчинения, выражающие вид межпредметной взаимосвязи «часть – целое»; отношения толерантности, выражающие наличие межпредметной взаимосвязи между элементами одного уровня («часть – часть», «целое – целое»), можно предложить модель взаимосвязи между системой межпредметных связей и системой компетенций $Q^{MP,K} = \langle MPF\ {}^*K \rangle$.

Заключение

Данная работа посвящена решению важной проблемы моделирования разнородных предметных знаний при создании интеллектуальных обучающих систем управления знаниями для реализации индивидуализированного обучения. В рамках данной проблематики математический и информационный подходы являются взаимодополняющими. На основе анализа особенностей функционирования систем управления знаниями [2–5] на информационном уровне определены основные элементы информационного обеспечения, методы их формирования, разработана информационная модель индивидуализированного обучения. Полученная модель разработана с учётом особенностей компетентностного обучения, базируется на объединении знаний, данных, статистической и экспертной информации.

Предложенная формализованная модель представления разнородных предметных знаний базируется на модели компетенций обучаемого и позволяет организовать гибкий процесс обучения на основе изменения весов компетенций, заданных с помощью экспертных оценок и определения логической последовательности изучения учебных модулей с учетом системы межпредметных связей.

Литература

1. *Курейчик В.В., Бова В.В., Нужнов Е.В., Родзин С.И.* Интегрированная инструментальная среда поддержки инновационных образовательных процессов // Открытое образование. – 2010. – № 4. – С. 101–111.
2. *Лисицына Л.С.* Методология проектирования модульных компетентностно-ориентированных образовательных программ: методическое пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 50 с.
3. *Кравченко Ю.А.* Синтез разнородных знаний на основе онтологий // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. – Т. 136. – № 11. – С. 1216–221.
4. *Растригин Л.А.* Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л.А. Растригин, М.Х. Эренштейн. – Рига: Зинатне, 1988. – 160 с.
5. *Трембач В.М.* Системы управления базами эволюционирующих знаний для решения задач непрерывного образования. – М.: МЭСИ, 2013. – 255 с.
6. *Бова В.В., Курейчик В.В., Нужнов Е.В.* Проблемы представления знаний в интегрированных системах поддержки управленческих решений // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2010. – Т. 108. – № 7. – С. 107–113.
7. *Кравченко Ю.А.* Применение метода анализа иерархий в алгоритме принятия решений с учетом ряда параметров адаптации // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. – Т. 132. – № 7. – С. 247–252.
8. *Бова В.В.* Моделирование области знаний в системах поддержки принятия решений для непрерывного профессионального обучения // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2009. – Т. 93. – № 4. – С. 242–248.
9. *Запорожец Д.Ю., Кудаев А.Ю., Лежебоков А.А.* Многоуровневый алгоритм решения задачи параметрической оптимизации на основе биоинспирированных эвристик // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2013. – № 4 (54). – С. 21–28.
10. *Мазурок Т.Л.* Синергетическая модель индивидуализированного управления обучением // Математические машины и системы. – 2010. – № 3. – С. 124–134.
11. *Бова В.В., Курейчик В.В.* Интегрированная подсистема гибридного и комбинированного поиска в задачах проектирования и управления // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2010. – Т. 113. – № 12. – С. 37–42.