

Моделирование компетенции в технологиях цифрового образования

(Окончание. Начало см. № 1, 2018 г.)



В. А. Старых,
к. т. н., доцент, профессор,
департамент компьютерной инженерии
МИЭМ НИУ ВШЭ
vstarykh@hse.ru



А. И. Башмаков,
к. т. н., зам. директора по науке,
НПО «Информ-Система»
aib30@yandex.ru

Изложены основные положения методологии моделирования компетенции, инвариантной к предметной области, виду деятельности и психолого-педагогической платформе. Ядро методологии — систематика расширяемых метамоделей и метаметодов, адаптируемых к условиям применения с помощью механизма профилирования. Методология направлена на создание условий для взаимодействия систем и сервисов, составляющих цифровое образование, оперирующих описаниями компетенции, за счет возможностей гибкого выбора уровня такого взаимодействия, хорошей структуризации и формализации информации, выделения единиц описания компетенции, многократно используемых в разных контекстах, а также применения онтологического подхода. Еще одно назначение методологии — формирование базиса для реализации умных свойств технологий цифрового образования: адаптивности, способности вести логические рассуждения, самообучения, способности прогнозирования и предсказания. Приводятся основные результаты методологии.

Ключевые слова: единица компетенции, информационно-образовательная среда, моделирование компетенции, метамодел, онтология, репозиторий компетенции, электронное обучение, цифровизация, цифровая экономика.

Методология и полученные результаты

Рассмотрим простой пример. Пусть имеется техническая система A , включающая подсистемы B и C , которые состоят из частей B_1, B_2 и C_1, C_2 . Обслуживание A обеспечивает группа из трех специалистов: руководителя M и двух инженеров E_B и E_C , отвечающих за B и C , соответственно. M обладает глубокой компетенцией, касающейся A в целом, а также знает функции и общесистемные характеристики B и C . Так как его деятельность не затрагивает уровень частей B и C , от него не требуется владеть сведениями о конструктивно-технологических особенностях подсистем. Инженер E_B исчерпывающе разбирается в подсистеме B и ее компонентах. Аналогично характеризуется компетенция E_C в отношении C . Кроме того, инженер, претендующий на повышение в должности до руководителя группы, должен иметь общее представление о надсистеме, в которую входит обслуживаемая им подсистема (т. е. об A).

Предметные сферы компетенции M, E_B и E_C показаны на рис. 4. Спецификации их компетенции задают

множества многократно используемых определений единиц компетенции (МИОЕК)¹: для $M - \{Comp(A, M), Comp(B, M), Comp(C, M)\}$, для $E_B - \{Comp(B, E_B), Comp(B_1, E_B), Comp(B_2, E_B), Comp(A, \{E_B, E_C\})\}$, для $E_C - \{Comp(C, E_C), Comp(C_1, E_C), Comp(C_2, E_C), Comp(A, \{E_B, E_C\})\}$. ЕК, ссылающиеся на один и тот же концепт, отличаются уровнями освоения и отражают разные точки зрения на предметную область. Так, $Comp(B, M)$ и $Comp(C, M)$ соответствуют обобщенному взгляду руководителя на B и C , а $Comp(B, E_B)$ и $Comp(C, E_C)$ — их детальному представлению, необходимому инженерам. $Comp(A, M)$ фиксирует глубокое понимание A руководителем, а $Comp(A, \{E_B, E_C\})$ — базовый уровень знаний инженеров о надсистеме.

На рис. 4 также показаны связи между ЕК и вершинами онтологии. В приведенном примере 10 МИОЕК ссылаются на 7 концептов.

¹ Запись $Comp(X, Y)$ обозначает МИОЕК с предметным содержанием X , поддерживающей деятельность специалиста категории Y .

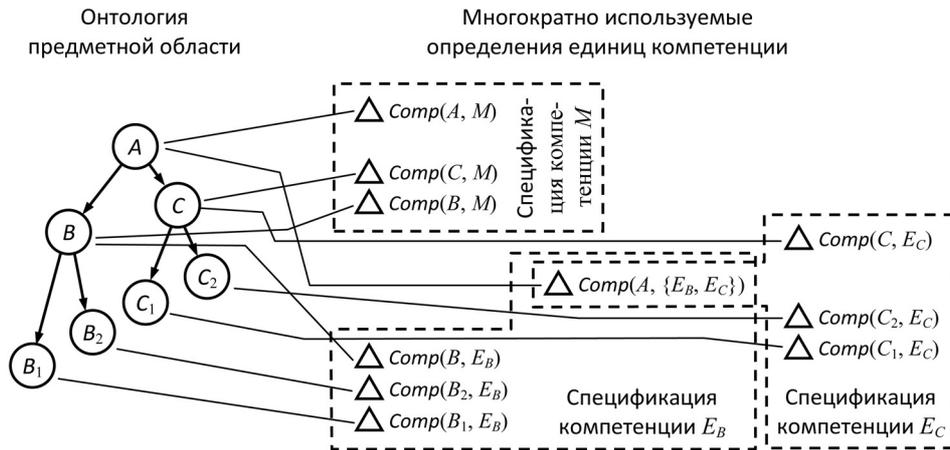


Рис. 4. Пример отношения между концептами предметной области и единицами компетенции

Как было отмечено, состав типов отношений, отражаемых в модели структуры компетенции (МСК), принципиально уже типизации семантических отношений в онтологии. В МСК обычно описывают отношения взаимозависимости единиц компетенции (ЕК), обладающие формальной интерпретируемостью, учитываемой при решении прикладных задач в ИОС. В частности, такими отношениями являются агрегация (включение ЕК в состав другой ЕК) и использование (ссылка на ЕК, владение которой требуется для освоения данной ЕК).

Таким образом, отображение отношения из онтологии в МСК обусловлено тем, может ли оно быть переведено в термины взаимозависимости ЕК. В любом случае семантическое отношение, специфицированное в онтологии, служит источником предположения о представлении связи между соответствующими ЕК в МСК.

Общий подход к построению моделей компетенции на базе онтологии предметной области предусматривает выявление и формализацию правил выделения ЕК и формирования их определений, ссылающихся на концепты, а также правил отображения семантических отношений из онтологии в МСК (рис. 5). Разработка соответствующих механизмов — актуальная научная и практическая задача.

Детализация, технологическая проработка и апробация методологии

Детализация методологии предусматривает определение для каждой метамодели, охватываемой систематикой, представленной на рис. 3 (см. № 1, 2018 г., с. 70), одного или нескольких эталонных вариантов реализации. Апробация включает разработку методов и типовых сценариев формирования и использования моделей компетенции

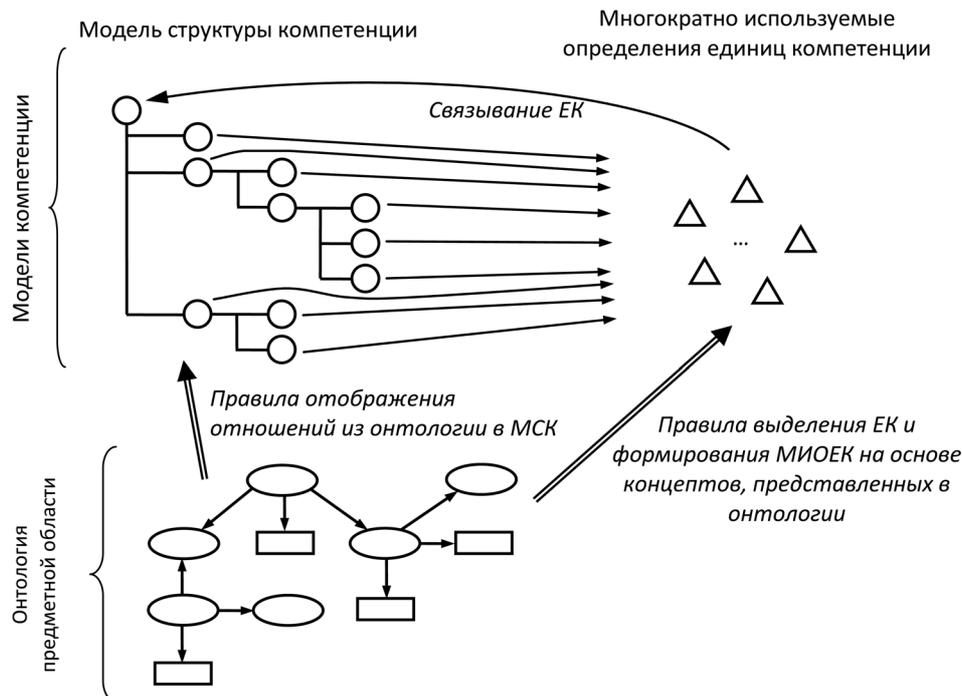


Рис. 5. Построение моделей компетенции на базе онтологии предметной области

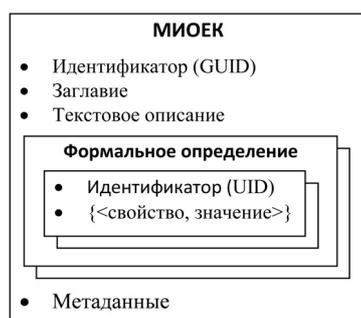


Рис. 6. Упрощенная структура модели МИОЕК

для поддержки процессов умного электронного обучения.

Как было сказано ранее, в качестве эталонной реализации МИОЕК была выбрана метамодель [12]. Ее упрощенную структуру иллюстрирует рис. 6.

Для модели МИОЕК разработан педагогический профиль, классифицирующий ЕК на три категории: знания, умения и профессионально важные психофизиологические качества (ПВПК), для каждой из которых вводится порядковая шкала уровней обладания ЕК. Данный профиль ориентирован на технологии ИОС, используемые на всех уровнях образования. В то же время он поддерживает широкую трактовку ЕК и не имеет ограничений, препятствующих его применению в смежных областях — технологиях управлении кадрами и системах управлении знаниями.

Профиль определяет состав и правила выражения атрибутов формального определения ЕК (табл. 1). Утверждение о характеристике ЕК включает, как минимум, 2 пары атрибутов — «тип» и «результат».

Атрибут «результат» для ЕК типа «knowledge» представляет понятие, изучаемое положение, тематический раздел курса и т. п. Например: «Тригонометрия», «Синус», «Тригонометрическая единица». Аналогичный атрибут для ЕК типа «skill» выражается как деятельность, работа, задача, обязанность, процедура, навык. Например: «Обслуживание локальной вычислительной сети», «Инсталляция прикладного

программного обеспечения», «Настройка периферийного оборудования», «Обновление драйвера устройства через Интернет». Для ПВПК данный атрибут описывается в терминах способностей. Например: «Сохранение концентрации внимания на средствах отображения информации (измерительных приборах и индикаторах) в течение длительного времени», «Восприятие и запоминание голосовых сообщений, поступающих одно за другим, с последующей записью их содержания», «Анализ и принятие решений в условиях внешних отвлекающих воздействий (шума)», «Оперирование большими объемами алфавитно-цифровой информации», «Оперативное переключение внимания между несколькими заданиями, выполняемыми одновременно».

Атрибут «уровень» характеризует сложность деятельности, базирующейся на ЕК, и степень самостоятельности субъекта при ее реализации. Если МИОЕК представляет целевую или нормативную компетенцию, он специфицирует требования, относящиеся либо к знаниям или умениям и навыкам, либо к развитию ПВПК. В случае описания фактической компетенции атрибут фиксирует глубину обладания ЕК.

Атрибуты «критерий оценивания», «контактное время» и «кредитный балл» применяются только к ЕК типов «knowledge» и «skill».

Текстовым выражением атрибута «критерий оценивания» служит краткое описание способа, позволяющего определить, владеет ли субъект ЕК на соответствующем уровне. Это могут быть вопросы, задания, правила оценивания и т. п. Данный атрибут может содержать ссылку на тестовое задание или набор заданий в формате IMS QTI [14].

Атрибут «контактное время» отражает усредненную оценку временных затрат учащегося средней подготовленности на приобретение ЕК данного уровня.

Исходя из содержания и уровня ЕК, а также объема учебных мероприятий, обеспечивающих ее формирование, определяют количество кредитных баллов, начисляемых по результатам их выполнения.

Таблица 1

Состав атрибутов педагогического профиля для модели МИОЕК

| Атрибут ЕК | Семантика | Пространство значений |
|---------------------|---|---|
| Тип | Один из трех классов, к которому относится ЕК | Словарь: knowledge – ЕК, представляющая знания; skill – ЕК, представляющая умения и навыки; ability – ЕК, представляющая ПВПК |
| Результат | Предметное выражение требуемого, целевого или фактического результата обучения либо деятельности | Значение в текстовом виде или ссылка (URI) на значение, определенное в словаре (классификаторе, онтологии) |
| Уровень | Требуемый, целевой или фактический уровень освоения ЕК | Словари, задающие порядковые шкалы уровней обладания ЕК категорий «knowledge», «skill» и «ability». Данные шкалы содержат по 4 значения, отображаемые в уровни освоения ЕК, определенные в EQF [3]. Профиль позволяет ссылаться на любые порядковые шкалы, в том числе, непосредственно на уровни EQF |
| Критерий оценивания | Метод, процедура или иное средство, позволяющие оценить (проверить, подтвердить) владение субъектом ЕК на данном уровне | Значение в текстовом виде или ссылка (URI) на тестовую процедуру, обеспечивающую проверку обладания ЕК на данном уровне |
| Контактное время | Время, требуемое для освоения ЕК в рамках учебного процесса | Количество времени, выраженное в соответствии с ISO 8601 |
| Кредитный балл | Число кредитов, начисляемых за освоение ЕК в рамках учебного процесса | Число с плавающей запятой, выраженное в символьном виде |

Таким образом, кредитный балл характеризует как сложность деятельности, базирующейся на ЕК, так и трудоемкость приобретения ЕК в ходе обучения.

Разработанный профиль допускает, что МИОЕК может включать другие формальные определения ЕК, основанные на иных педагогических моделях компетенции.

В результате детализации методологии на уровне представления структуры компетенции была предложена эталонная реализация МСК, имеющая важное значение для эффективного решения задач планирования и управления e-Learning. Эта реализация позволяет формировать выразительные спецификации состава и взаимосвязей ЕК, отражающие требования к подготовленности субъекта (нормативные МСК), а также цели и задачи его обучения (целевые МСК).

Упрощенная структура эталонной реализации МСК представлена на рис. 7. Вложенность ЕК (узлов модели) описывает базовую иерархию, соответствующую отношениям декомпозиции–агрегации предметной области (часть–целое) и связанной с ней деятельности (процесс–подпроцесс). Относительная важность ЕК в рамках множества соподчиненных узлов может быть выражена путем указания их весов.

ЕК-листья ссылаются на МИОЕК, транзитные узлы могут быть снабжены такими ссылками. Модель согласована с разработанным педагогическим профилем для МИОЕК и использует принятую в нем типизацию ЕК на знания, умения и ПВПК.

Описание отношения, не принадлежащего базовой иерархии, включает явное указание его типа в виде

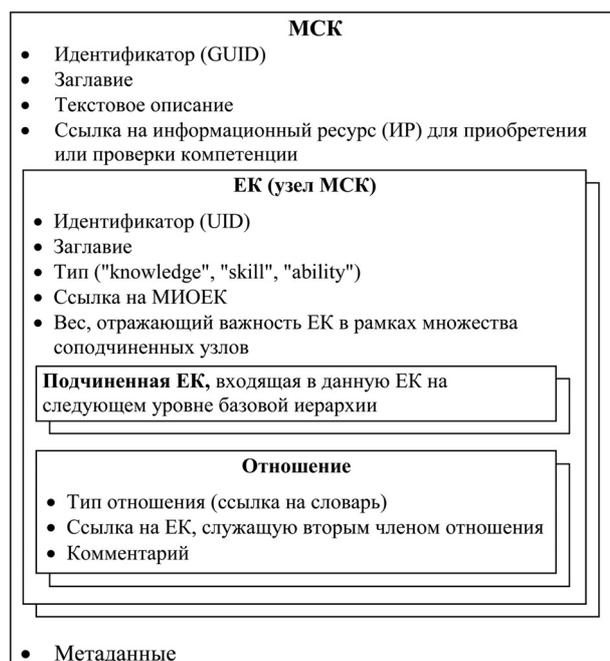


Рис. 7. Упрощенная структура эталонной реализации МСК

ссылки на значение из контролируемого словаря. Модель не вводит собственного словаря типов отношений ЕК, позволяя использовать произвольные нормативно-справочные ресурсы. Вариант такого словаря предложен в табл. 2. Прямое отношение и соответствующее ему обратное имеют один номер (например, 1а и 1б).

Таблица 2

Словарь типов отношений ЕК (без отношения декомпозиции–агрегации, представляемого базовой иерархией)

| Словарное значение | Интерпретация (на примере пары <ЕК1, ЕК2>) | Сочетания типов ЕК, которые могут быть членами отношения |
|--------------------|--|---|
| isbasedon | 1а. Базируется на... Обладание ЕК1 требует обладания ЕК2, т. е. владение ЕК2 служит предпосылкой для приобретения ЕК1. При этом ЕК2 не может считаться частью ЕК1 | {«knowledge», «skill»} × × {«knowledge», «skill»}, («ability», «ability») |
| isbasisfor | 1б. Служит основой для... Обладание ЕК1 – необходимое условие для приобретения ЕК2. При этом ЕК1 не может считаться частью ЕК2 | |
| generalize | 2а. Обобщает... Связь более общей ЕК1 с ее разновидностью (частным случаем, вариантом) ЕК2 | («knowledge», «knowledge»), («skill», «skill»), («ability», «ability») |
| isvariantof | 2б. Является разновидностью... ЕК1 является разновидностью (частным случаем, вариантом) более общей ЕК2 | |
| complements | 3а. Дополняет... ЕК1 обеспечивает дополнительные возможности для приобретения, развития и использования ЕК2 | {«knowledge», «skill»} × × {«knowledge», «skill»}, («ability», «ability») |
| iscomplementedby | 3б. Дополняется... Дополнительные возможности для приобретения, развития и использования ЕК1 обеспечивает ЕК2 | |
| uses | 4а. Использует... Связь ЕК1, представляющей знания или умения и навыки, с ЕК2, соответствующей ПВПК, которое влияет на их приобретение и использование | {«knowledge», «skill»} × × {«ability»} |
| supports | 4б. Поддерживает... ПВПК, соответствующее ЕК1, влияет на приобретение и использование знаний или умений и навыков, представляемых ЕК2 | {«ability»} × {«knowledge», «skill»} |
| associatewith | 5. Ассоциация Смысловая связь ЕК, не попадающая ни под один из других типов отношений (в том числе, отношения базовой иерархии). Обратное отношение данного типа совпадает с прямым | {«knowledge», «skill», «ability»} × × {«knowledge», «skill», «ability»} |

Все отношения из табл. 2 являются анти-рефлексивными и транзитивными. Отношение типа 5 обладает симметрией, прочие типы отношений антисимметричны. Отношения типов 1, 3 и 5 не могут связывать вершины, непосредственно или транзитивно подчиненные друг другу в базовой иерархии.

При построении базовой иерархии ЕК применяют разные методики. Разделим их на три группы (рис. 8). В первой акцент делается на умениях и навыках. Данный подход широко используется в отраслевых системах профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации, согласно которому на верхних уровнях иерархии располагаются ЕК типа «skill», декомпозируемые на вершины этого же типа. Например, деятельность состоит из работ, работы из обязанностей, обязанности из задач и т. д. На промежуточных уровнях дерева при декомпозиции ЕК начинают выделяться не только умения и навыки, но и знания (рис. 8, а). Подчинение ЕК типа «skill» ЕК типов «skill» и «knowledge» означает, что для приобретения данного умения или навыка необходимо обладать подчиненными умениями, навыками и зна-

ниями. ЕК, представляющие знания, декомпозируются на вершины этого же типа. При этом, как правило, такая декомпозиция не бывает глубокой, охватывая 1-2 уровня.

Во второй группе методик на верхних уровнях иерархии ЕК располагаются вершины типа «knowledge». Соответствующие ЕК ассоциируются с разделами предметной области, главными темами изучаемой дисциплины. Они декомпозируются на подразделы, темы, понятия. На промежуточных уровнях иерархии при декомпозиции начинают выделяться умения и навыки (рис. 8, б). Подчинение ЕК типа «knowledge» ЕК типов «knowledge» и «skill» означает, что для приобретения компетенции по данному разделу (теме, вопросу, понятию) необходимо обладать подчиненными знаниями, умениями и навыками. Декомпозиция ЕК, представляющих умения и навыки, как правило, не превышает 1-2 уровней. Описанный подход широко применяется в общем образовании, а также для базовых дисциплин профессионального образования.

Третья группа методик предусматривает отдельную спецификацию знаний, с одной стороны, и умений

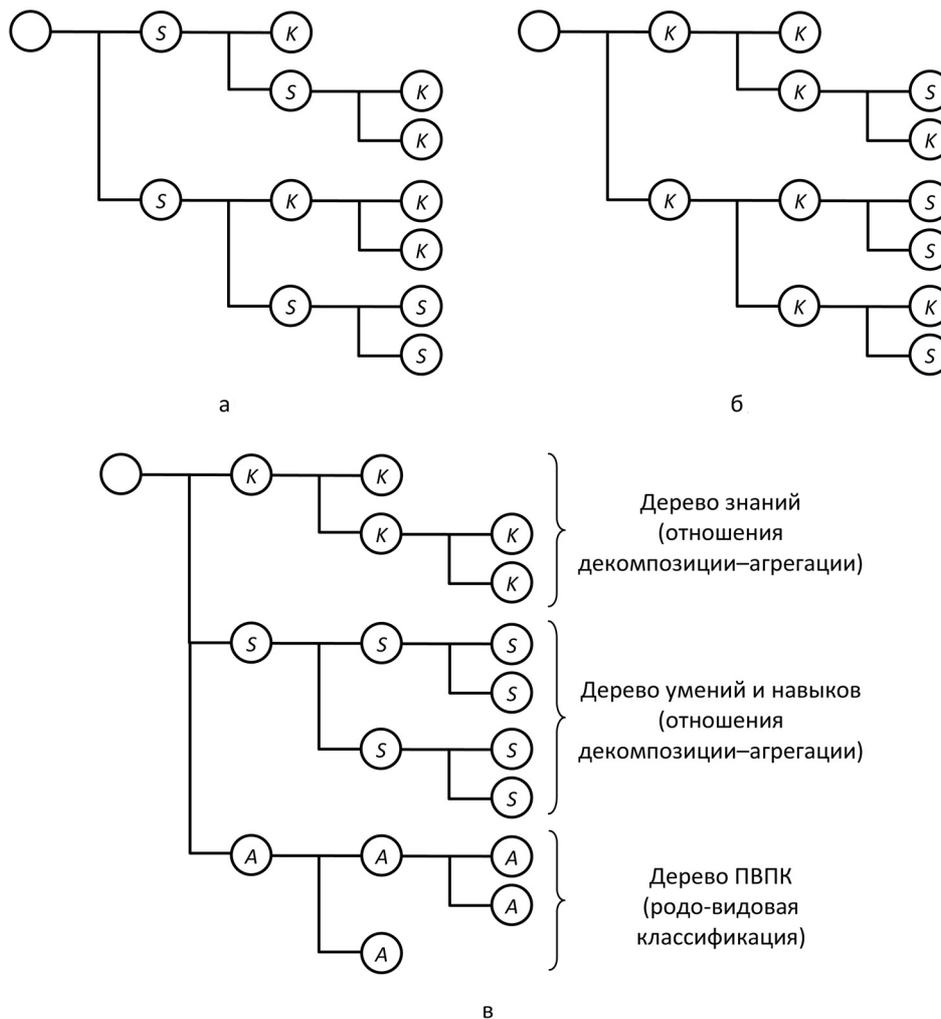


Рис. 8. Базовая иерархия единиц компетенции, формируемая в соответствии с разными методиками

Ⓚ – ЕК, представляющая знания; Ⓢ – ЕК, представляющая умение (навык);
ⓐ – ЕК, представляющая ПВПК

с навыками, с другой (рис. 8, в). В этом случае дерево ЕК образуют поддерева, отражающие иерархию ЕК типа «knowledge» и иерархию ЕК типа «skill». При этом каждая вершина кроме корня МСК декомпозируется только на вершины своего типа.

Во всех методиках, предусматривающих описание ПВПК, соответствующие ЕК включаются в отдельное дерево, представляющее их родо-видовую классификацию, а не декомпозицию на составляющие, как в случае знаний, умений и навыков (рис. 8, в). Таким образом, отношения базовой иерархии между ПВПК и ЕК типов «knowledge» и «skill» не устанавливаются.

Благодаря гибкости предложенной информационной метамодели структуры компетенции она может быть использована в сочетании с методикой, принадлежащей к любой из трех охарактеризованных групп.

Разработанная методология моделирования компетенции создает условия для реализации умных свойств парадигмы e-Learning для реализации инфраструктурных технологических компонент цифрового образования. Во-первых, использование принципов метамоделирования и систематики метамodelей вносит вклад в обеспечение переносимости и расширение применимости спецификаций компетенции, а также способствует интероперабельности систем, оперирующих ими. Во-вторых, методология предусматривает средства формального описания компетенции и ее глубокой структуризации, включая многоуровневую декомпозицию на единицы разных типов, ссылающихся на их устойчивые определения в виде МИОЕК. В-третьих, публикация МИОЕК в открытых сетевых репозиториях обеспечивает прозрачность агрегированных спецификаций компетенции, использующих эти МИОЕК. В-четвертых, единые средства построения моделей нормативной, целевой и фактической компетенции, а также их структурированное представление с помощью наборов ссылок на МИОЕК создают возможности для формального сопоставления этих моделей. Кроме того, в-пятых, отражение в МСК отношений, обладающих простой формальной интерпретируемостью, позволяют организовать на их основе логический вывод. Соответствующие процедуры играют важную роль при решении множества прикладных задач электронного обучения, включая:

- выявление образовательных потребностей;
- анализ пробелов в компетенции и определение необходимости повышения квалификации;
- оценивание текущей компетенции с точки зрения готовности к обучению;
- формирование индивидуальных учебных планов и программ;
- поиск и отбор учебных информационных ресурсов (ИР) исходя из целевой и текущей компетенции;
- формирование графика учебного процесса и персональных учебных заданий, связанных с единицами целевой компетенции;
- прогнозирование результатов обучения;
- предсказание вероятных затруднений при освоении учебной программы;
- интерпретация результатов компьютерного тестирования в терминах единиц компетенции;

- объяснение допущенных ошибок и выявление причин неуспешных результатов обучения;
- мониторинг приобретаемой компетенции и корректировка графика учебного процесса и персональных учебных заданий;
- адаптация сервисов e-Learning к индивидуальному стилю работы учащегося;
- самообучение сервисов e-Learning с целью выбора оптимальной стратегии управления учебным процессом на основе данных о формировании компетенций учащихся.

Сформулированные тезисы детализирует типовой сценарий использования моделей компетенции в технологиях e-Learning, составляющих основы цифрового образования. Упрощенная архитектура фрагмента ИОС, участвующего в соответствующих БП, изображена на рис. 9. В ней выделены:

- репозиторий компетенции, включающий базу МИОЕК и ссылающихся на них моделей нормативной компетенции, а также средства формирования и манипулирования спецификациями компетенции;
- репозиторий образовательных объектов (ОО), которые снабжены описаниями целевой (приобретаемой) и требуемой компетенции, выраженными ссылками на МИОЕК;
- система управления учебным процессом, сопряженная с БД учащихся и локальных хранилищем, предназначенным для размещения индивидуально-ориентированных модульных ИР, формируемых путем агрегации ОО в расчете на конкретные образовательные потребности.

Стрелки, помеченные номерами в скобках, представляют основные процессы, входящие в цикл управления. Последовательность их выполнения фиксируют первые цифры в номерах.

Подготовительная стадия, связанная с наполнением репозитория компетенции (формированием МИОЕК и обобщенных МСК), а также описанием характеристик компетенции, ассоциируемых с ОО, оставлена за рамками рассмотрения.

Отправной точкой для реализации цикла является определение образовательных потребностей. Лица, желающие получить образование или повысить квалификацию, часто испытывают затруднения при выборе образовательного учреждения, направления подготовки, специальности или учебного курса, так как не располагают достаточной информацией о целевой компетенции, которая будет приобретена в результате обучения. Наличие явных спецификаций компетенции позволяет решить эту проблему.

В рассматриваемом сценарии образовательные потребности формулируются в терминах компетенции на базе соответствующих нормативных моделей, а не по названиям специальностей, учебных курсов и описаниям их содержания. В качестве основы для построения индивидуальной модели целевой компетенции выбирается одна из нормативных моделей (процесс (1.1)). Возможность ее преобразования отражает процесс (1.2). Вносимые изменения могут выражаться в удалении и добавлении ЕК, а также уточнении уровней их освоения.

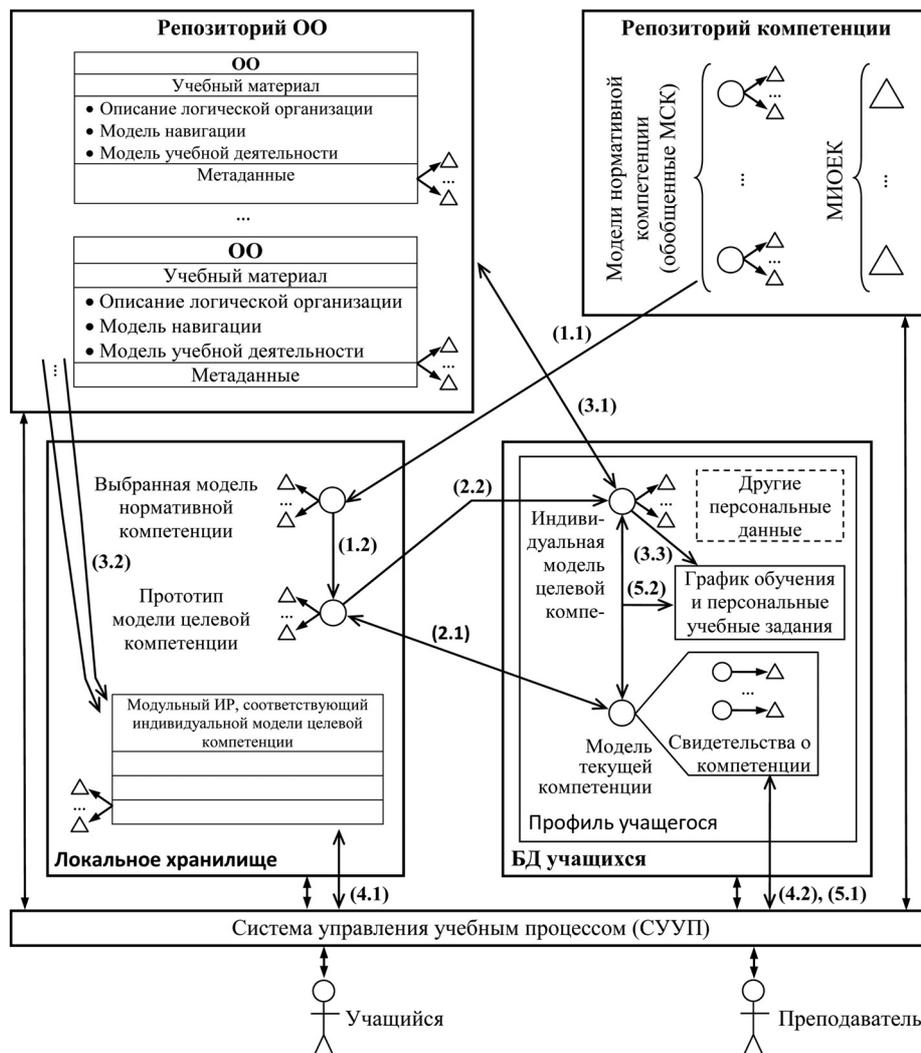


Рис. 9. Упрощенная схема управления процессом электронного обучения на основе моделей компетенции

→△ – ссылка на МИОЕК

Второй и третий этапы связаны с планированием обучения. Процесс (2.1) представляет анализ пробелов в компетенции, суть которого состоит в сопоставлении желаемой и фактической компетенции субъекта. Спецификация последней извлекается из имеющихся сертификатов либо определяется с помощью опросов и тестирования. Отметим, что модель текущей компетенции также базируется на МИОЕК, размещенных в репозитории компетенции. Результаты анализа используются процессом (2.2) для построения индивидуальной модели целевой компетенции, содержащей только те ЕК, которые надо сформировать или развить в рамках обучения.

Переход от целей к средствам обучения происходит на третьем этапе. Процесс (3.1) обеспечивает поиск ОО, покрывающих целевую компетенцию. При этом могут решаться оптимизационные задачи, связанные с выбором наилучшего сочетания ОО из множества альтернатив по совокупности критериев (соответствие условиям применения, согласованность, доступность, контактное время, стоимость и т. д.), а также реализовываться механизмы управления правами на ОО. В случае неполного покрытия моде-

ли целевой компетенции она преобразуется в заказ на разработку недостающих учебно-методических ИР.

Из отобранных ОО, скопированных в локальное хранилище, составляются агрегированные (модульные) ИР. Указанные действия выполняет процесс (3.2).

Исходя из индивидуальной модели целевой компетенции, дополненной сведениями об используемых средствах обучения, с помощью процесса (3.3) строится график обучения и персональные учебные задания. Данная процедура завершает стадию планирования.

Процесс (4.1) представляет взаимодействие учащегося с модульными ИР и сервисами ИОС. Интерпретацию информации о результатах обучения как свидетельств о приобретенной компетенции, соответствующих элементам модели целевой компетенции, обеспечивает процесс (4.2). Полученные свидетельства заносятся в БД учащихся. Сопоставление целевой и достигнутой компетенции, а также планового и фактического хода освоения учебной программы используются для адаптации сервисов e-Learning.

Контроль модели текущей компетенции со стороны преподавателя отражает процесс (5.1). На данном этапе может проводиться дополнительный анализ пробелов в компетенции (5.2), направленный на корректировку графика обучения и персональных заданий.

Заключение и перспективы развития исследований

Разработанные эталонные реализации метамоделей компетенции и педагогического профиля для МИОЕК представлены спецификациями, определяющими форматы данных (XML-схемы), и протоколы для обмена ими (WSDL). В Московском институте электроники и математики, входящем в Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», выполняется пилотный проект по формированию нормативных моделей компетенции (в форме МСК), охватывающих требования государственных стандартов высшего профессионального образования по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника», «Прикладная математика» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Дальнейшее планируемое развитие проекта связано с переходом на уровень тиражируемых программно-технических решений для реализации технологий электронного обучения в парадигме цифрового образования. Это включает создание открытого типового программного инструментария для формирования и обработки описаний компетенции в соответствии с принятыми метамоделями, а также управления веб-репозиторием компетенции, взаимодействующим с сервисами e-Learning в ИОС на основе открытых стандартов и спецификаций [15].

Список использованных источников

1. Россия онлайн? Догнать нельзя отстать. Отчет The Boston Consulting Group, 2016.
2. Цифровая Россия: новая реальность. Отчет Digital McKinsey, 2017.
3. The European Qualification Framework for Lifelong Learning. https://ec.europa.eu/ploteus/sites/eac-efq/files/leaflet_en.pdf.
4. CWA 16234-1:2014. European e-Competence Framework 3.0. A common European Framework for ICT Professionals in all industry sectors. Brussels : CEN, 2014.
5. CWA 16234-2:2014. European e-Competence Framework 3.0. User guide for the application of the European e-Competence Framework 3.0. Brussels : CEN, 2014.
6. CWA 16234-3:2014. European e-Competence Framework 3.0. Building the e-CF – Methodology documentation. Brussels : CEN, 2014.
7. M. Cocoli, A. Guercio, P. Maresca, L. Stanganelli. Smarter Universities: A Vision for the Fast Changing Digital Era, 2014.
8. Competence-based learning. A proposal for assessment of generic competences/Ed. A. V. Sanchez, M. P. Ruiz. Bilbao: University of Deusto, 2008. 334 p.
9. Настройка образовательных структур в Европе. Вклад университетов в Болонский процесс. Tuning General Brochure. 2007. <http://www.unideusto.org/tuningeu/documents.html>.
10. А. И. Горылев, Е. А. Пономарева, А. В. Русаков. Методология TUNING: компетентностный подход при определении содержания образовательных программ: электронное методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2011. 45 с.
11. J. Winterton. What Is Competence?//Human Resource Development International. Vol. 8. № 1. P. 27-46. 2005.
12. ILEE Std 1484.20.1-2007. ILEE Standard for Learning Technology – Data Model for Reusable Competency Definitions, 2008.
13. OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition). W3C Recommendation 11.12.2012. <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-overview-20121211>.
14. IMS Question and Test Interoperability (QTI): Overview Version 2.2. 2015. http://www.imsglobal.org/question/qtiv2p2/imsqti_v2p2_oview.html.
15. А. И. Башмаков, В. А. Старых. Принципы и технологические основы создания открытых информационно-образовательных сред. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 719 с.

Competency modelling in the digital education technologies

V. A. Starykh, PhD, associate professor, professor, HSE Tikhonov Moscow institute of electronics and mathematics (MIEM HSE).

A. I. Bashmakov, PhD, deputy general director for science, «Inform-Systema», scientific and production amalgamation.

The article presents the guidelines of the competency modeling methodology invariant to subject domain, type of activities and psycho-pedagogical platform. The core of this methodology is systematics of the expandable metamodels adaptable to application conditions by profiling mechanism. The methodology is aimed at creating conditions for interoperability of systems and services that make up a digital education, dealing with competency description due to possibility of flexible selection of such interaction level, good information structuring and formalization, selection of competency description units repeatedly used in various contexts, as well as ontological approach. One more purpose of the methodology is preparation of grounds for realization of smart features of digital education technologies: adaptation, inferring, self-learning, anticipation. The main results of the methodology are given.

Keywords: competency unit, educational information environment, competency modeling, metamodel, ontology, competency repository, smart e-Learning, digitalization, digital economy, digital education.