

ОБЗОР АДАПТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

© 2016 г. Н.С. Силкина, Л.Б. Соколинский

Южно-Уральский государственный университет

(454080 Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, д. 76),

E-mail: silkinans@susu.ru, Leonid.Sokolinsky@susu.ru

Поступила в редакцию: 07.10.2016

В статье дается обзор адаптивных моделей электронного обучения. В каждой модели рассматривается структура и способы предоставления образовательного контента. Проводится анализ сильных и слабых сторон рассмотренных моделей электронного обучения. Общее слабое место — отсутствие predetermined дидактической структуры образовательного объекта. Данный недостаток существенно ограничивает возможность автоматической проверки электронного учебного курса на дидактическую полноту. В заключении статьи определяются черты новой модели электронного обучения, включающей в себя средства для описания дидактической структуры образовательных объектов.

Ключевые слова: электронное обучение, электронный учебный курс, модель электронного обучения, образовательный объект, дидактическая структура.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Силкина Н.С., Соколинский Л.Б. Обзор адаптивных моделей электронного обучения // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2016. Т. 5, № 4. С. 61–76. DOI: 10.14529/cmse160405.

Введение

Данная статья является продолжением обзора моделей и стандартов электронного обучения, представленного авторами в работе [1]. В настоящем обзоре мы сконцентрировали внимание на высокоуровневых моделях отечественных и зарубежных ученых, в той или иной мере отражающих концепцию адаптивного электронного обучения. *Адаптивное электронное обучение (Adaptive e-Learning)* [2, 3] является сегодня активно развивающимся направлением в сфере образования, под которым понимают совокупность психологических, дидактических и педагогических методов, учитывающих поведение и состояние человека в процессе обучения, опирающуюся на методы инженерии знаний. Основы адаптивного электронного обучения были заложены в середине XX века. В 1960 году Н. Краудером был предложен алгоритм *разветвленного программированного обучения* [4]. Основным отличием данного подхода является введение индивидуальных путей прохождения учебного материала. Путь для каждого учащегося определяет сама программа в процессе обучения, основываясь на ответах учащихся. Следующий этап развития адаптивного электронного обучения связан с использованием гипертекстовых и мультимедийных технологий [5–7], которые, по существу, стали базовой технологической платформой образовательного контента. Это, во-первых, дало возможность использовать в качестве образовательных объектов не только текстовую информацию, но также графику, аудио и видеоинформацию. Во-вторых, дало толчок для развития большого количества различных подходов к разветвленному программированному обучению.

На сегодняшний день существует большое количество стандартов и моделей электронного обучения. Основным стандартом в области электронного обучения является стандарт SCORM [1], объединяющий в себе целый ряд моделей, содержащих требования к программной структуре среды электронного обучения, спецификации прикладных программных интерфейсов и описания структур данных. Стандарт SCORM позволяет обеспечить совместимость различных LMS и возможность переноса и многократного использования образовательных объектов. Наряду с этим существуют высокоуровневые модели электронного обучения, которые описывают структуру образовательного контента и правила предоставления образовательных объектов учащемуся. Среди них выделяется ряд моделей, в которых наибольшее внимание уделяется вопросам кастомизации обучения (адаптивные модели). В настоящей статье дается обзор четырех наиболее интересных с нашей точки зрения моделей этого класса.

Статья организована следующим образом. В разделе 1 приводится описание модели KFS (Knowledge Flow Structure), основанной на понятии потока знаний. Раздел 2 посвящен рассмотрению модели DCM (Dynamic content model), использующей для организации и представления знаний карту понятий. В разделе 3 мы обсуждаем модель, предложенную А.В. Солововым, основными понятиями которой являются учебный элемент, граф содержания и спецификация учебных элементов. В разделе 4 рассматривается модель CDCGM (Competency-driven content generation model), предполагающая, что весь учебный материал, доступный разработчику электронного учебного курса, хранится в виде образовательных объектов, связанных с банком компетенций. В заключении суммируются выводы, сделанные нами по результатам обзора, и намечаются черты новой модели электронного обучения, предусматривающей средства для описания дидактической структуры образовательных объектов.

1. Модель KFS

Модель KFS (Knowledge Flow Structure) [8, 9] основана на понятии потока знаний. В KFS-модели базовым элементом является учебный ℓ -блок, при изучении которого у студента должно сформироваться некое целевое знание B . Для изучения ℓ -блока могут понадобиться входные знания A_i (см. рис. 1). Это могут быть результаты изучения других ℓ -блоков этого курса, знания из других курсов или вообще из другой области (*базовые знания курса*).

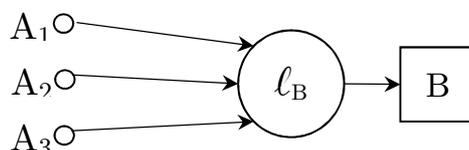


Рис. 1. Учебный ℓ -блок учебного курса KFS-модели

Между ℓ -блоками могут существовать связи по знаниям, которые указывают, что информация, изложенная в одном ℓ -блоке курса, используется в другом ℓ -блоке. Такие связи называются *потоком знаний (Knowledge Flow)* в электронном учебном курсе. Содержательная интерпретация блоков учебного материала полностью определяется разработчиком курса, явно указывающим из каких блоков он состоит.

Схема курса представляет собой ориентированный граф, узлами которого являются учебные l -блоки, а дугами связи по передаче знаний из блока в блок. Очевидно, что в курс могут вести несколько входов, а результат последнего l -блока является и результатом всего курса. Полученный граф должен быть связным и не иметь циклов. То есть прямо или косвенно весь учебный материал связан и работает на общий результат. Возможные пути от начального до конечного блока представляют возможные варианты изучения курса, называемыми *блок-схемой изучения курса*.

Каждый блок может завершаться проверкой выходного знания. Более того, разработчик может устанавливать проверку знаний и при входе в блок. Для оценивания знаний могут использоваться разные методики, одна из которых приведена в [10]. Таким образом учебный курс наделяется точками контроля, в которых происходит ветвление обучения. Вводятся два типа условий ветвления блок-схемы изучения курса. *Условия выходного контроля* R — условия, которые реализуют процесс повторного обучения (restudy). *Условия входного контроля* U — условия, которые не позволяют ученику изучать новый l -блок, если он не обладает необходимыми знаниями.

Проектирование курса начинается с одного блока, для которого необходимо прописать его входы и выход — знания и умения, вырабатываемые в этом курсе. Далее проводится несколько этапов детализации. Каждый этап детализации порождает новый слой в представлении учебного материала. На любом этапе граф курса может быть автоматически разложен в ярусно-параллельную, на основе которой могут задаваться возможные пути изучения курса. Пример детализации блок-схемы курса представлен на рис. 2.

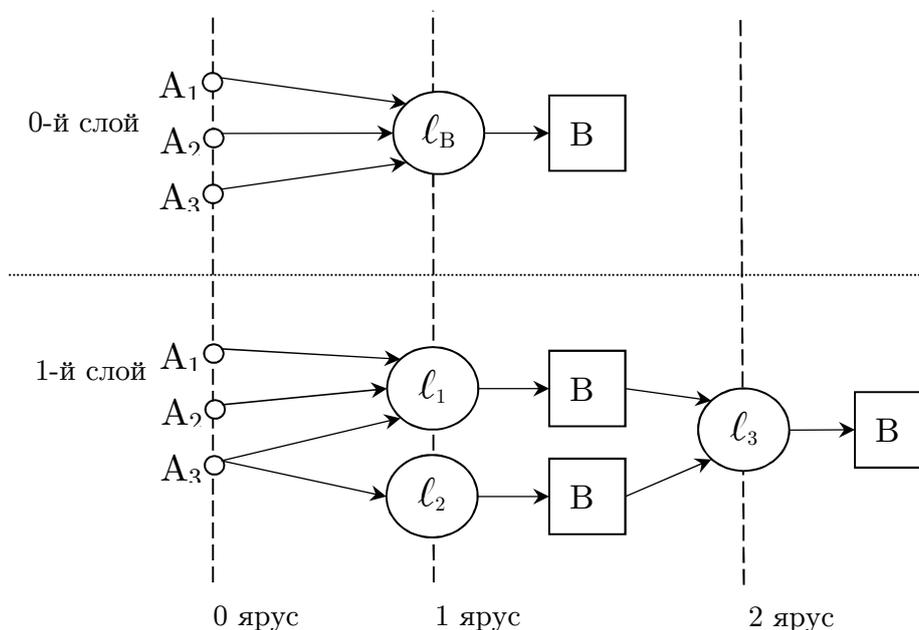


Рис. 2. Пример детализации блок-схемы курса в KFS-модели

KFS-модель позволяет разрабатывать учебный курс любого уровня сложности, делая это поэтапно, постепенно усложняя курс. Использование KFS-модели позволяет ре-

шать задачи формирования и изучения учебного материала, а также задачи мониторинга и анализа учебного процесса в целом и отдельных студентов в частности.

При такой модели курса студент может самостоятельно изучать курс, переходя от раздела к разделу, в соответствии с путями, проложенными преподавателем. Студент всегда знает, где он находится, как он туда пришел, может просмотреть свои результаты и выбрать дальнейший путь. При этом в курсе преподаватель может предусмотреть повторное изучение тех или иных разделов, как в случае неудовлетворительной оценки с точки зрения преподавателя, так и в случае, если студент сам недоволен своим результатом. Поскольку в модель заложено время изучения, этот процесс может контролироваться автоматически.

Для решения задачи мониторинга и анализа достаточно иметь экземпляр структуры курса для каждого студента, на котором фиксируется процесс его изучения. Обработывая соответствующим образом экземпляры курса каждого студента, всегда можно провести исчерпывающий анализ изучения курса в разных аспектах.

Электронный учебный курс в KFS-модели имеет достаточно сложную структуру ввиду наличия большого количества узлов, связей между ними, а также условий входа и выхода, что существенно ограничивает возможность переноса части учебного материала из одного курса в другой.

2. Модель DCM

Модель DCM (Dynamic Content Model) [11–13] основана на широко используемом инструменте для организации и представления знаний — карте понятий (Concept Map) [14]. *Карта понятий* представляет собой циклический граф, узлами которого являются понятия, а дугами — связи между понятиями. Каждый узел графа помечается словом или словосочетанием. Пример карты понятий приведен на рис. 3. Карта понятий является удобным инструментом для представления структуры знаний, однако она не позволяет отражать процесс обучения в динамике. Модель DCM восполняет этот недостаток.

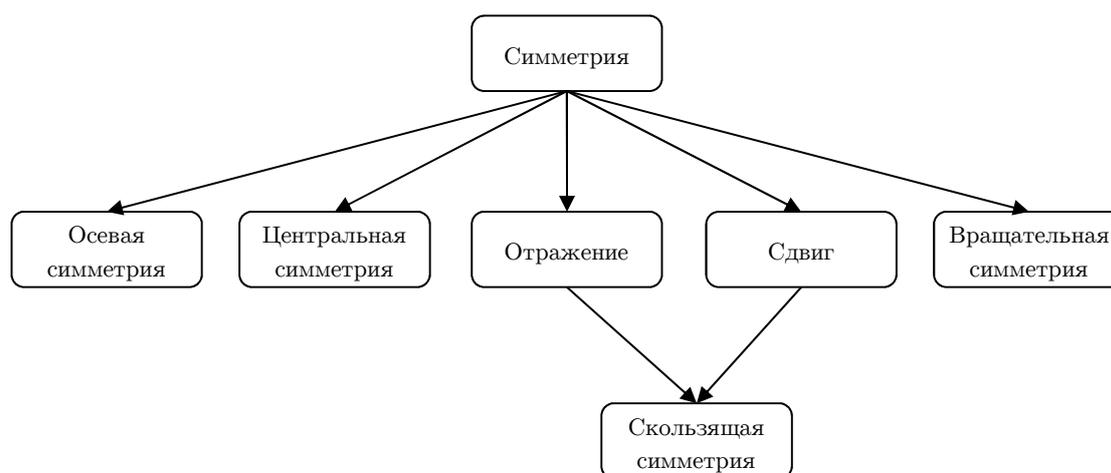


Рис. 3. Карта понятий «Симметрия в геометрии»

В модели DCM знания представляются в виде *учебных модулей* (*Content Units*), которые в свою очередь состоят из компонент двух типов: *образовательные ресурсы* (*Learning Resources*) и *контрольные мероприятия* (*Evaluations*). В качестве образовательных ресурсов могут фигурировать учебники, интернет-ресурсы, ссылки на статьи в Википедии и др. В качестве контрольных мероприятий могут использоваться тесты, задания и др. Идеологически учебные модули соответствуют отдельным понятиям в карте понятий. Из учебных модулей формируются три типа карт: карта знаний, карта обучения и карта студента. Все указанные карты имеют структуру ориентированного графа.

Карта знаний (*knowledge map*) содержит все доступные учебные модули из некоторой предметной области. Дуги в карте знаний отображают зависимости с семантикой «должен знать», определяющие порядок изучения учебного материала. На рис. 4 показан упрощенный пример карты знаний из области геометрии. Метками T_i обозначаются темы, соответствующие тому или иному понятию, R_i обозначают образовательные ресурсы, E_i — контрольные мероприятия.

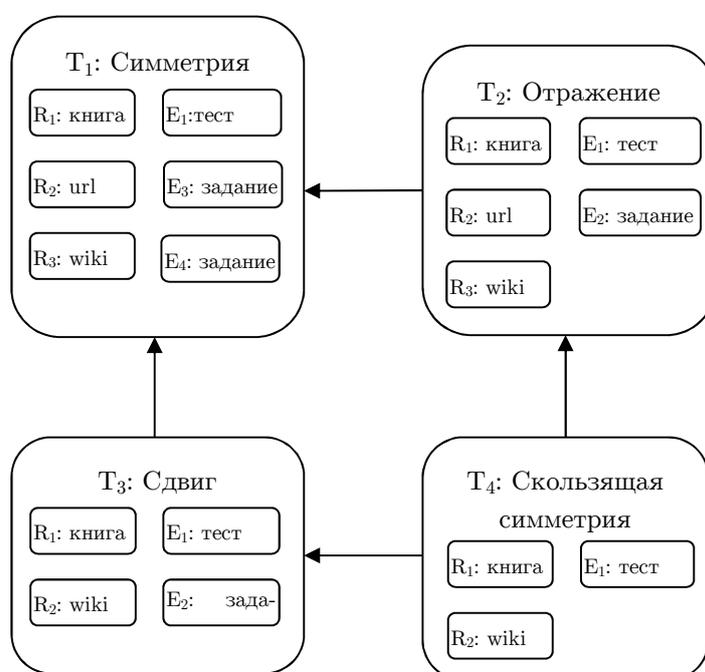


Рис. 4. Карта знаний

Карта обучения (*Learning Map*) строится на основе карты знаний и служит основой для формирования конкретного электронного учебного курса. При трансформации карты знаний в карту обучения преподаватель может выполнять следующие действия:

- удалять отдельные компоненты учебных модулей или целые модули;
- вводить зависимости «должен знать» как между отдельными компонентами внутри учебного модуля, так и между компонентами различных учебных модулей.

На рис. 5 представлен пример карты обучения полученной на основе карты знаний, изображенной на рис. 4. В данном примере в карте обучения опущен учебный модуль T4, в модуле T3 удалены контрольное мероприятие E2 и образовательный ресурс R1, добавлена связь между модулями T3 и T2, а также введены зависимости между компонентами модуля T1. В модели DCM предполагается, что, если внутри учебного модуля

между образовательными ресурсами не установлено явных зависимостей «должен знать», то их можно изучать в любом порядке. Если же отсутствуют явные зависимости между контрольным мероприятием и образовательными ресурсами модуля, то это означает, что для выполнения соответствующего контрольного мероприятия необходимо изучить все имеющиеся в модуле образовательные ресурсы.

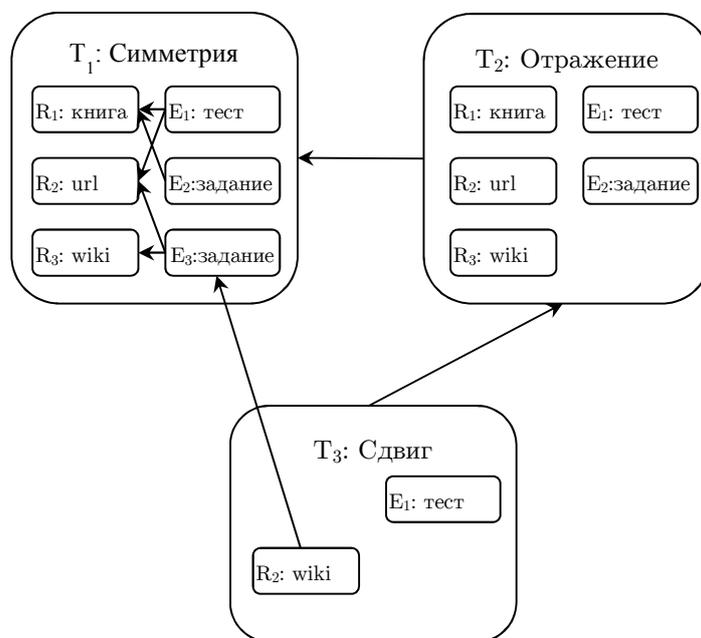


Рис. 5. Карта обучения

Карта студента (*Student Map*) служит для мониторинга процесса обучения конкретного студента, предоставляя механизмы для оценки и обратной связи с обучаемым. Карта студента содержит те же самые элементы, что и карта обучения, однако, вместо связей «должен знать» в ней задаются связи между компонентами всех учебных модулей, определяющие порядок освоения учебного материала, не противоречащий связям «должен знать» в соответствующей карте обучения. При этом должен получиться связный ациклический граф. Отметим, что контрольные мероприятия в карте студента содержат не вопросы и задания, а фактические ответы студента. На рис. 6 представлен пример карты студента, полученной на основе карты обучения, изображенной на рис. 5.

Карта знаний содержит весь существующий учебный материал по определенной предметной области, при формировании карты обучения преподаватель должен выбрать из карты знаний только те учебные модули, которые предусмотрены программой курса. При этом он должен обеспечить выполнение следующих двух условий: при удалении избыточного учебного модуля должны быть удалены все влияющие на него модули, за исключением тех, которые предусмотрены программой курса и всех на них влияющих; должны быть удалены все учебные модули, изученные в предыдущих курсах. Сетевая структура знаний, лежащая в основе модели DCM, делает этот процесс сложным для преподавателя, так как при удалении модулей может быть нарушена связность графа, представляющего карту обучения.

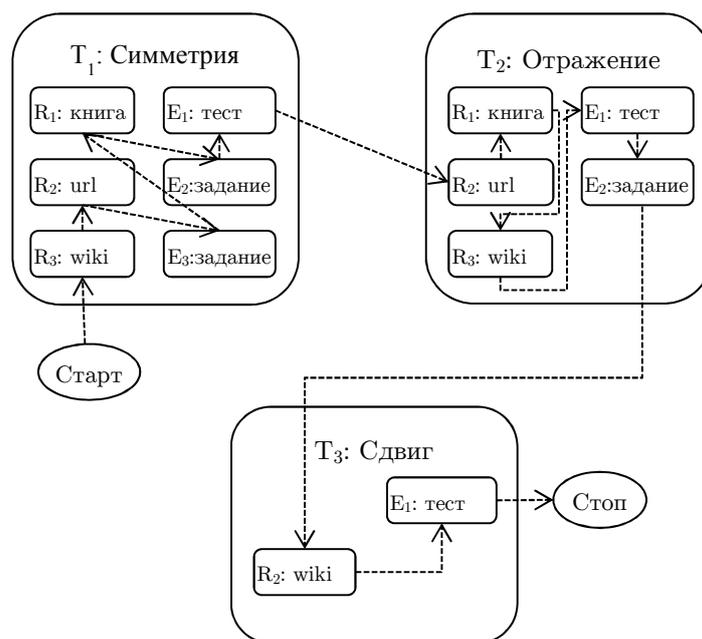


Рис. 6. Карта студента

3. Модель Соловова

Основными понятиями модели Соловова [15, 16] являются учебный элемент, граф содержания и спецификация учебных элементов. При проектировании курса весь учебный материал разбивают на отдельные блоки, называемые *учебные элементы* (УЭ). Под УЭ понимают объекты, явления, понятия, методы деятельности, отобранные из соответствующей науки и внесенные в программу учебной дисциплины.

Совокупность УЭ представляют в виде ориентированного дерева, называемого *графом содержания* (ГС). Узлами графа являются УЭ, ребрами — связи между ними. УЭ, расположенный на уровень ниже некоторого УЭ, не является простой декомпозицией содержания вышестоящего УЭ (содержание нижестоящих УЭ может детализировать, раскрывать отдельные компоненты содержания связанного с ними вышестоящего УЭ). И, наоборот, содержание вышестоящего УЭ, хотя и интегрирует содержание связанных с ним нижестоящих УЭ, но не является их простым объединением. Математической моделью ГС является его матрица смежности. Пример ГС и соответствующей матрицы смежности изображен на рис. 7.

После структурирования и отбора содержания учебного материала для каждого УЭ формулируют требования по уровню усвоения α , уровню представления β и уровню осознанности γ . Полученные требования представляют в виде таблицы и называют *спецификацией УЭ*. На рис. 8 представлен пример спецификации УЭ, соответствующей ГС, изображенному на рис. 7. Для каждого показателя спецификации УЭ иногда заполняют две колонки таблицы, в первой из которых указывают «стартовый» показатель (уровень до обучения), во второй — «финишный» (требуемый уровень после обучения).

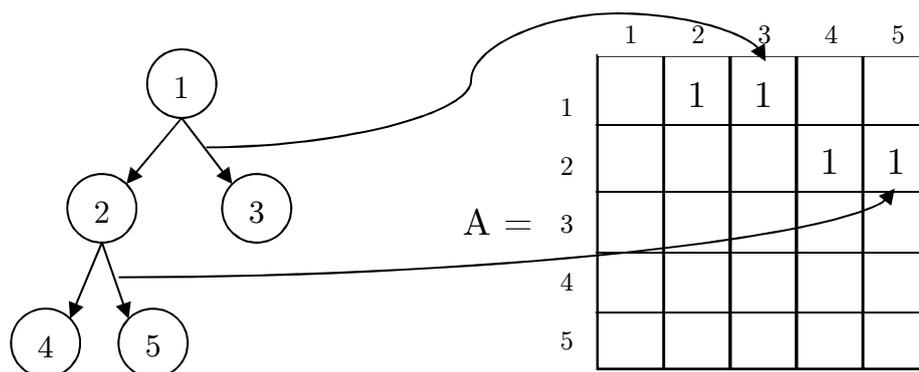


Рис. 7. ГС и его матрица смежности

Совокупность ГС и спецификации УЭ называется моделью содержания учебного материала.

№	Наименование УЭ	α	β	γ
1.	Орграфы	2	3	2
2.	Орграфы и матрицы	2	3	2
3.	Связность	1	3	2
4.	Матрица смежности	2	3	2
5.	Матрица расстояний	1	3	2

Рис. 8. Спецификация УЭ

На основе теории ориентированных графов автор вывел ряд свойств ГС и интегральных характеристик модели содержания учебного материала. Например, число учебных элементов ГС, число уровней структуризации, вектор структуризации, степень разветвленности модели содержания учебного материала, средний уровень представления, средний уровень усвоения и средний уровень осознанности учебного материала. Используя интегральные характеристики можно анализировать и сравнивать различные учебные материалы между собой, оценивать трудоемкость подготовки курса.

После построения модели содержания учебного материала определяется последовательность изучения УЭ, для чего устанавливаются логические связи между УЭ курса (по принципу «изучается прежде») с помощью матриц отношений очередности. Количество строк и столбцов матрицы отношений очередности равно количеству УЭ курса. При заполнении ячеек матрицы отношений очередности анализируют отношение очередности между двумя учебными элементами. Единицу ставят в ячейку, если учебный элемент, указанный в номере строки, должен изучаться после учебного элемента, указанного в номере столбца. Противоположное отношение очередности обозначают нулем или оставляют соответствующую ячейку матрицы пустой. Все ячейки главной диагонали матрицы отношений очередности заполняют единицами. Последовательность изучения учебных элементов при обучении определяется в процессе обработки матрицы отношений очередности, суммируя коэффициенты каждой строки матрицы. Чем больше сумма, тем позже должен изучаться соответствующий учебный элемент. На рис. 9 пред-

ставлен пример матрицы отношений очередности (и соответствующий оргграф), соответствующей ГС, изображенному на рис. 7.

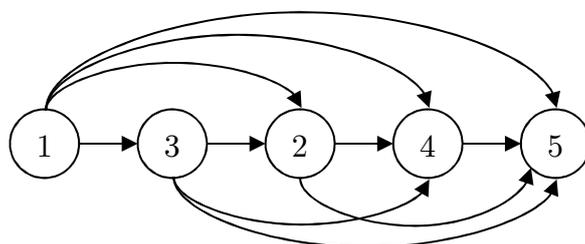
$$B = \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & & 1 & & 1 & 1 \\ 3 & & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 4 & & & & 1 & 1 \\ 5 & & & & & 1 \end{array}$$


Рис. 9. Матрица отношений очередности и соответствующий оргграф

4. Модель CDCGM

Модель CDCGM (Competency-Driven Content Generation Model) [17, 18] предполагает, что весь учебный материал, доступный разработчику электронного учебного курса, хранится в виде образовательных объектов LO (Learning Objects), связанных с банком компетенций. Образовательный объект может включать в себя учебный материал различного рода и предназначен для описания некоторого понятия. Компетенция — это спецификация знаний, умений и навыков (ЗУН) [19], которые должен приобрести обучаемый в результате изучения образовательных объектов. В модели CDCGM различаются входные и выходные компетенции. Входные компетенции хранятся в профиле обучаемого и представляют собой ЗУНы, которыми обучаемый владеет до начала изучения электронного учебного курса. Выходные компетенции представляют собой цели обучения и включают в себя ЗУНы, которые обучаемый приобретет в результате изучения данного курса. Модель CDCGM позволяет по заданным входному и выходному наборам компетенций осуществить автоматический отбор образовательных объектов и организовать их в виде древовидной структуры, адаптированной под конкретного обучаемого. На рис. 10 изображена общая концепция модели CDCGM.

Отбор образовательных объектов осуществляется на основе анализа профиля обучаемого, целей обучения и метаданных LO. Компетенции в модели CDCGM описываются согласно требованиям RCD-модели (Reusable Competency Definition), описанной в работе [20]. С каждым образовательным объектом связываются компетенции, определяющие предусловия и результаты изучения LO. Таким образом, компетенция, которая является результатом изучения LO, может быть предусловием изучения другого LO. За каждым

LO закрепляется блок метаданных LO (Metadata) или кратко MD, содержащий ссылки на компетенции (см. рис. 11).

Метаданные LO описываются согласно требованиям LOM-модели (Learning Object Metadata), описанной в работах [21, 22]. Для описания ссылок на компетенции используется элемент «Classification» и его атрибуты «Purpose» и «Taxon Path» для определения предусловия и результатов изучения соответственно. С каждым LO может быть связано несколько описаний «Classification» для определения более одного предусловия и более одного результата изучения.

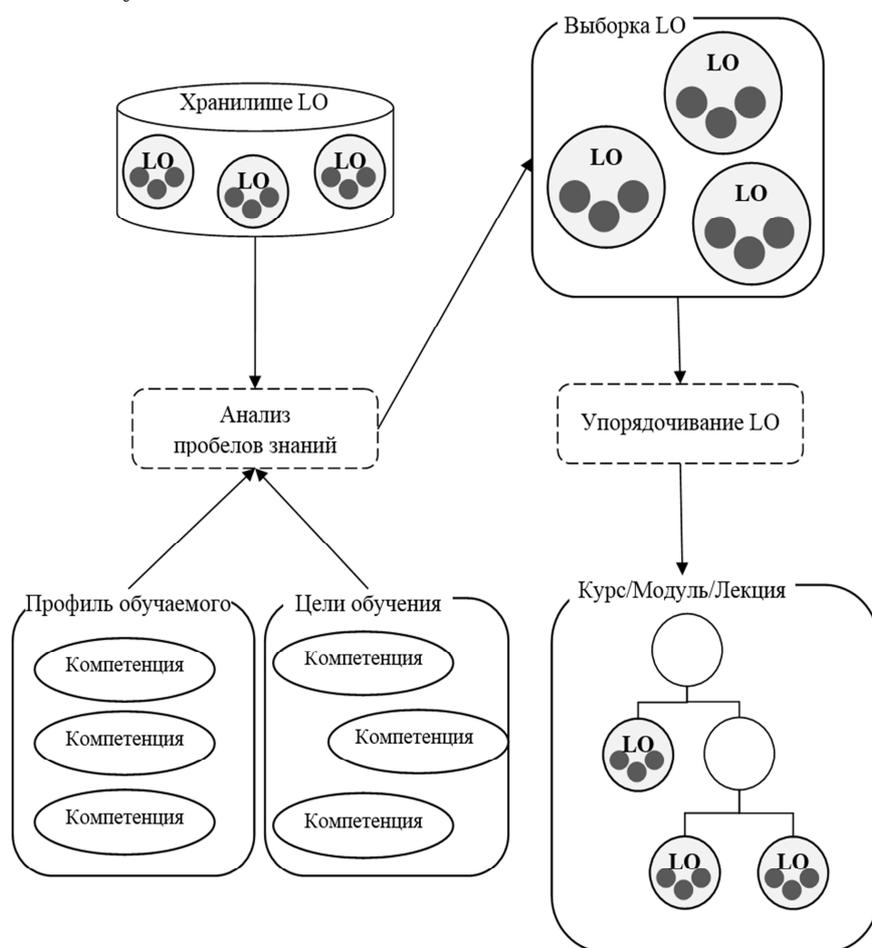


Рис. 10. Концепция модели CDCGM

Профиль обучаемого и цели обучения являются входными параметрами для процесса анализа пробелов в знаниях. На этом этапе выполняется поиск в хранилище образовательных объектов, которые заполняют пробелы между текущим профилем обучаемого и целями обучения. Таким образом, результатом работы данного этапа является неупорядоченное множество образовательных объектов, заполняющих пробелы между текущими знаниями обучаемого и ожидаемыми результатами обучения.

На следующем этапе полученное множество упорядочивается таким образом, чтобы базовые LO были представлены учащемуся в первую очередь. Проблему упорядочивания LO авторы рассматривают с точки зрения классической задачи удовлетворения ограничений (constraint satisfaction problem) [23, 24]. В данном случае пространство решений включает в себя все возможные способы упорядочивания LO и имеет размер $n!$, где n — количество LO, отобранных на предыдущем этапе. Нас интересуют только те

упорядочивания, которые удовлетворяют всем ограничениям, накладываемым метаданными LO, содержащими указатели на связанные компетенции. Для нахождения такого решения авторы используют метод роя частиц (Particle Swarm Optimization, PSO) [25, 26].

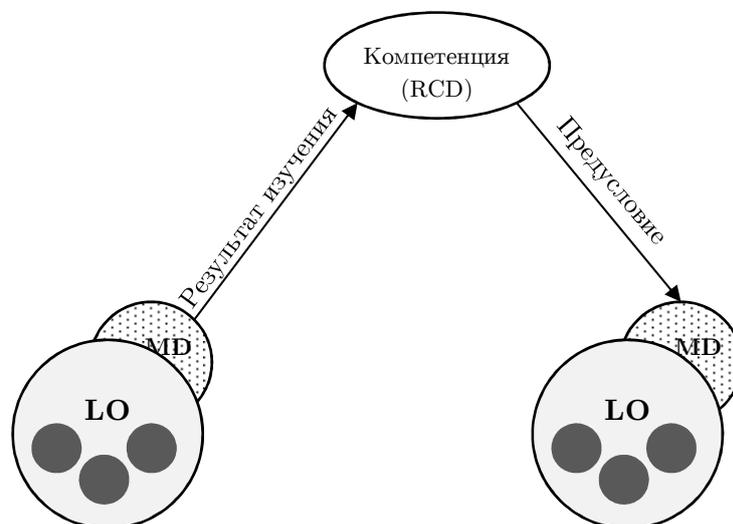


Рис. 11. Связь модулей через компетенцию

Таким образом, CDCGM-модель позволяет автоматически персонализировать электронный учебный курс, в зависимости от компетенций учащегося, которыми он владеет. В качестве недостатка данного подхода можно указать то, что задача упорядочения контента в некоторых случаях может не иметь решения. Другой проблемой является то, что при увеличении количества образовательных объектов значительно возрастает количество возможных перестановок, что приводит к существенному усложнению поиска решения.

Заключение

На сегодняшний день разработано достаточно большое количество высокоуровневых моделей электронного обучения. Среди них выделяется ряд моделей, в которых наибольшее внимание уделяется вопросам кастомизации обучения. К этому классу относятся модели, представленные в настоящем обзоре. Все рассмотренные модели обладают одним общим недостатком: они не предусматривают деление образовательного объекта на дидактические единицы предопределенных типов. Это существенным образом ограничивает возможность автоматической проверки электронного учебного курса на дидактическую полноту. Кроме этого, отсутствие предопределенных типов дидактических единиц препятствует автоматическому выделению и переносу в другой курс части учебного материала, относящиеся к одному дидактическому типу. В работах [27, 28] авторами настоящего обзора предложен прототип новой модели электронного обучения, в которой каждый образовательный объект должен включать в себя шесть дидактических компонент следующих типов: теоретическое описание понятия; пример, иллюстрирующий те или иные отличительные черты понятия; упражнение для самостоятельного выполнения; тестовое задание; слайд презентации; библиографическая ссылка. Каждый

компонент обладает своими дидактическими возможностями. Модель допускает возможность расширения набора стандартных дидактических способов представления учебного материала с учетом специфики каждой конкретной специальности или направления подготовки. Разработка и внедрение в практику электронного обучения подобных моделей является актуальной задачей, решение которой должно привести к созданию соответствующего стандарта.

Литература

1. Силкина Н.С., Соколинский Л.Б. Модели и стандарты электронного обучения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2014. Т. 3, № 4. С. 5–35.
2. Розенберг И.Н. Обучение по гибкой траектории // Современное дополнительное профессиональное педагогическое образование. 2015. № 1 (1). С. 64–72.
3. Shute V., Towle B. Adaptive E-Learning // Educational psychologist. 2003. № 38(2). P. 105–114.
4. Краудер Н.А. О различиях между линейным и разветвленным программированием // Программированное обучение за рубежом: Сб. статей / Под ред. И.И. Тихонова. М.: Высшая школа. 1968. С. 58–67.
5. Брусиловский П.Л. Адаптивные интеллектуальные технологии в сетевом обучении // Новости искусственного интеллекта. 2002. № 5. С. 25–31.
6. Брусиловский П.Л. Адаптивные обучающие системы в World Wide Web: обзор имеющихся в распоряжении технологий // International Forum of Educational Technology & Society. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/depository/WWWITS.html> (дата обращения: 13.09.2016).
7. Engelbart D.C. Toward Augmenting the Human Intellect and Boosting our Collective IQ // Communications of the ACM. Vol. 38, No. 8. 1995. P. 30–33.
8. Курганская Г.С. Модель представления знаний и система дифференцированного обучения через Интернет на его основе // Известия Челябинского Научного Центра. 2000. Вып. 2. С. 84–88.
9. Курганская Г.С. Облачные технологии интернет-образования на основе KFS модели представления знаний // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 9. С. 69–75.
10. Курганская Г.С. Математическое и программное обеспечение системы сопоставительной оценки // Доклады Всесоюзного семинара. Томск. 1990. С. 76–83.
11. Eide S., Kristensen T., Lamo Y. A Model for Dynamic Content Based E-learning systems // Proceedings of the 2008 Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS '08). ACM, New York, NY, USA, 2008. Article 2. 8 p.
12. Kristensen T., Lamo Y., Mughal K., Tekle K. M., Bottu A. K. Towards a Dynamic, Content Based E-Learning Platform // Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE '07). ACTA Press, Anaheim, CA, USA, 2007. P. 107–114.
13. Kristensen T., Lamo Y., Hinna K.R., Hole G.O. Dynamic Content Manager — A New Conceptual Model for E-Learning // Proceedings of the International Conference on Web Information Systems and Mining (WISM '09). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009. P. 499–507.

14. Novak J.D., Canas A.J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 2008-01. Florida Institute for Human and Machine Cognition, USA. 2008. URL: <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps> (дата обращения: 10.07.2016).
15. Соловов А.В. Математические модели содержания и процессов электронного обучения // Телекоммуникации и информатизация образования, 2006. № 4. С. 20–37.
16. Соловов А.В. Математическое моделирование содержания, навигации и процессов электронного обучения в контексте международных стандартов и спецификаций. Лекция-доклад // Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования (14–15 апреля 2010 г., Москва, НИТУ МИСиС)». М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. 52 с.
17. De-Marcos L., Martinez J.J., Gutierrez J.A. Swarm Intelligence in e-Learning: A Learning Object Sequencing Agent based on Competencies // Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation GECCO'08 (July 12–16, 2008, Atlanta, Georgia, USA). 2008. P. 17–24.
18. De-Marcos L., Pages C., Martinez J.J., Gutierrez J.A. Competency-Based Learning Object Sequencing Using Particle Swarms // Proceedings of 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence ICTAI 2007 (29–31 October 2007). Vol. 2. P. 111–116.
19. Wilkinson J. A Matter of Life or Death: Re-engineering Competency-based Education through the Use of a Multimedia CD-ROM // Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2001. P. 205–208.
20. IEEE 1484.20.1. Standard for Learning Technology – Data Model for Reusable Competency Definitions. 2007.
21. IEEE 1484.12.1. Draft Standard for Learning Object Metadata. 2002. URL: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf (дата обращения: 20.03.2016).
22. IEEE 1484.12.3. Standard for Learning Technology — Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata. 2005.
23. Schoofs L., Naudts B. Ant Colonies are Good at Solving Constraint Satisfaction Problems // Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation (16–19 July 2000, La Jolla, CA). Vol. 2. P. 1190–1195.
24. Tsang, E. Foundations of Constraint Satisfaction. Academic Press Limited, 1993. 421 p.
25. Hinchey M.G., Sterritt R., Rouff C. Swarms and Swarm Intelligence // Computer. 2007. Vol. 40 (4). P. 111–113.
26. Kennedy J., Eberhart R. Particle swarm optimization // Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks (Perth, WA, Australia, 1995). Vol. 1944. P. 1942–1948
27. Силкина Н.С., Соколинский Л.Б. Система UniCST — универсальная среда электронного обучения // Системы управления и информационные технологии. 2010. № 2. С. 81–86.
28. Жигальская (Силкина) Н.С. Моделирование дидактической структуры электронных учебных комплексов // Вестник Южно-Уральского государственного университета.

SURVEY OF ADAPTIVE E-LEARNING MODELS

© 2016 N.S Silkina, L.B. Sokolinsky

South Ural State University (pr. Lenina 76, Chelyabinsk, 454080 Russia),

E-mail: silkinans@susu.ru, Leonid.Sokolinsky@susu.ru

Received: 07.10.2016

The article provides an overview of adaptive e-learning models. For each model, the structure and the representation methods of educational content are described. An analysis of the strong and weak features of the presented e-learning models is discussed. The main lack is the absence of predefined didactic structure of the learning objects. This essentially restricts automatic checking the didactic completeness of the e-learning course. In the conclusion of the paper, we presented an outline of a new e-learning model, which includes the facilities of describing the didactic structure of learning objects.

Keywords: e-learning, e-learning course, the model of e-learning, learning objects, didactic structure.

FOR CITATION

Silkina N.S., Sokolinsky L.B. Survey of Adaptive E-learning Models. Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering. 2016. vol. 5, no. 4. pp. 61–76. (in Russian) DOI: 10.14529/cmse160405.

References

1. Silkina N.S., Sokolinsky L.B. E-learning Models and Standards. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Vychislitel'naya matematika i informatika* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering]. 2014. vol. 3, no. 4. pp. 5–35. DOI: 10.14529/cmse140401. (in Russian)
2. Rosenberg I.N. Training for Flexible Trajectory. *Sovremennoe dopolnitel'noe professional'noe pedagogicheskoe obrazovanie* [Modern Additional Pedagogical Education]. 2015. no. 1 (1). pp. 64–72. (in Russian)
3. Shute V., Towle B. Adaptive E-Learning. *Educational psychologist*. 2003. no. 38(2). pp. 105–114. DOI: 10.1207/S15326985EP3802_5.
4. Krauder N.A. About the Differences between Linear and Branched Programming. *Programmirovannoe obuchenie za rubezhom: Sbornik statej* [Programmed Training Abroad: Digest of Articles] / Edited by I.I. Tihonov. M.: Vysshaya shkola. 1968. pp. 58–67. (in Russian)
5. Brusilovsky P.L. Adaptive Intellect Technologies in Network Training. *Novosti iskusstvennogo intellekta* [News of Artificial Intelligence]. 2002. no. 5. pp. 25–31. (in Russian)
6. Brusilovsky P.L. Adaptive Learning Systems in the World Wide Web: an Overview of Available Technologies. *International Forum of Educational Technology & Society*. Available at: <http://ifets.ieee.org/russian/depository/WWWITS.html> (accessed: 13.09.2016)

7. Engelbart D.C. Toward Augmenting the Human Intellect and Boosting our Collective IQ. *Communications of the ACM*. vol. 38, no. 8. 1995. pp. 30–33. DOI: 10.1145/208344.208352.
8. Kurganskaya G.S. The Model of Knowledge Representation and the System of Differentiated Instruction Through the Internet on the Basis Thereof. *Izvestiya Chelyabinskogo Nauchnogo Centra* [Proceedings of the Chelyabinsk Scientific Center]. 2000. vol. 2. pp. 84–88. (in Russian)
9. Kurganskaya G.S. Cloud Technologies of the Internet Education Based on KFS Knowledge Representation Model. *Vestnik burjatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Buryat State University]. 2013. no. 9. pp. 69–75. (in Russian)
10. Kurganskaya G.S. Mathematical and Software of a Comparative Evaluation System. *Doklady Vsesoyuznogo seminara* [Reports of the All-Union Seminar]. Tomsk. 1990. pp. 76–83. (in Russian)
11. Eide S., Kristensen T., Lamo Y. A Model for Dynamic Content Based E-learning Systems. *Proceedings of the 2008 Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS '08)*. ACM, New York, NY, USA, 2008. Article 2. 8 p. DOI: 10.1145/1621087.1621089.
12. Kristensen T., Lamo Y., Mughal K., Tekle K. M., Bottu A. K. Towards a Dynamic, Content Based E-Learning Platform. *Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE '07)*. ACTA Press, Anaheim, CA, USA, 2007. pp. 107–114.
13. Kristensen T., Lamo Y., Hinna K.R., Hole G.O. Dynamic Content Manager — A New Conceptual Model for E-Learning. *Proceedings of the International Conference on Web Information Systems and Mining (WISM '09)*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009. pp. 499–507. DOI: 10.1007/978-3-642-05250-7_52.
14. Novak J.D., Canas A.J. *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 2008-01*. Florida Institute for Human and Machine Cognition, USA. 2008. Available at: <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps> (accessed: 10.07.2016)
15. Solovov A.V. Mathematical Models of Content and Processes of E-learning. *Telekommunikacii i informatizaciya obrazovaniya* [Telecommunications and Informatization of Education]. 2006. no. 4. pp. 20–37. (in Russian)
16. Solovov A.V. Mathematical Modeling of Content, Navigation, and Processes Electronic-learning in the Context of International Standards and Specifications. Lecture-report. *Informacionnye tehnologii v obespechenii novogo kachestva vysshego obrazovaniya: Trudy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (Moskva, 14–15 aprelya 2010)* [Information Technology to Provide a New Quality of Higher Education: Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation (Moscow, Russia, April 14–15, 2010)]. M.: Research Center of training quality problems. 2010. 52 p. (in Russian)
17. De-Marcos L., Martinez J.J., Gutierrez J.A. Swarm Intelligence in e-Learning: A Learning Object Sequencing Agent based on Competencies. *Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation GECCO'08 (July 12–16, 2008, Atlanta, Georgia, USA)*. 2008. pp. 17–24. DOI: 10.1145/1389095.1389099.

18. De-Marcos L., Pages C., Martinez J.J., Gutierrez J.A. Competency-Based Learning Object Sequencing Using Particle Swarms. *Proceedings of 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence ICTAI 2007 (29–31 Oct. 2007)*. vol. 2. pp. 111–116. DOI: 10.1109/ICTAI.2007.14.
19. Wilkinson J. A Matter of Life or Death: Re-engineering Competency-based Education through the Use of a Multimedia CD-ROM. *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2001. pp. 205–208. DOI: 10.1109/ICALT.2001.943901.
20. IEEE 1484.20.1. *Standard for Learning Technology – Data Model for Reusable Competency Definitions*. 2007. DOI: 10.1109/IEEESTD.2008.4445693.
21. IEEE 1484.12.1. *Draft Standard for Learning Object Metadata*. 2002. Available at: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf (дата обращения: 20.03.2016).
22. IEEE 1484.12.3. *Standard for Learning Technology — Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata*. 2005. DOI: 10.1109/IEEESTD.2006.215176.
23. Schoofs L., Naudts B. Ant Colonies are Good at Solving Constraint Satisfaction Problems. *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation (16–19 July 2000, La Jolla, CA)*. vol. 2. pp. 1190–1195. DOI: 10.1109/CEC.2000.870784.
24. Tsang, E. *Foundations of Constraint Satisfaction*. Academic Press Limited, 1993. 421 p. DOI: 10.1016/B978-0-12-701610-8.50021-5.
25. Hinchey M.G., Sterritt R., Rouff C. Swarms and Swarm Intelligence. *Computer*. 2007. vol. 40 (4). pp. 111–113. DOI: 10.1109/MC.2007.144.
26. Kennedy J., Eberhart R. Particle Swarm Optimization. *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks (Perth, WA, Australia, 1995)*. vol. 1944. pp. 1942–1948.
27. Silkina N.S., Sokolinsky L.B. UniCST System — a Universal E-learning Environment. *Sistemy upravleniya i informacionnye tehnologii* [Control Systems and Information Technology]. 2010. no. 2. pp. 81–86. (in Russian)
28. Zhigalskaya (Silkina) N.S. Modeling of the E-learning Packages Didactic Structure. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Matematicheskoe modelirovaniye i programirovaniye* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modelling, Programming & Computer Software]. 2008. no. 27(127). vol. 2. pp. 4–9. (in Russian)