

УДК 004.9:378

**Ю. С. КАБАЛЬНОВ, А. И. ГРИГОРЬЕВ, Ш. М. МИНАСОВ****МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТЕНТА  
ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ  
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Приводится краткий анализ существующих технологий функционирования современных систем электронного обучения и способов формирования учебного контента для таких систем. Создана информационная модель базы данных для построения виртуального пространства знаний. Разработаны модели и алгоритмы семантического анализа подбора вновь вводимого учебного материала с существующим контентом виртуального пространства знаний. Выполнена программная реализация разработанных моделей и алгоритмов для проверки эффективности предлагаемого подхода. *Виртуальное пространство знаний; системы электронного обучения; формирование пространства знаний*

**ВВЕДЕНИЕ**

В условиях высоких темпов развития современных технологий в различных отраслях (информационных технологиях, медицине, авиа- и ракетостроении, электронной промышленности и др.) на первый план выходит проблема индивидуализации процессов подготовки и переподготовки специалистов, готовых сразу после обучения применять полученные знания на практике. Решение этой проблемы возможно лишь путем непрерывного мониторинга тенденций развития технологий в различных сферах человеческой деятельности, и оперативного отражения изменений в виде учебно-методического материала, формируемого под потребности конкретного контингента обучаемых.

Важное место в процессе обучения имеют качественные характеристики учебно-методического материала (среди которых: полнота, достоверность, актуальность, минимальная избыточность учебной информации и т. п.).

Применение современных информационных компьютерных технологий в процессе подготовки специалистов позволяет повысить эффективность и обеспечить доступность образования, учитывая при этом множество различных факторов, среди которых наиболее важными для организации эффективного процесса обучения являются учет начального и требуемого уровня подготовки, социальных аспектов и технических возможностей обучаемых, их индивидуальных способностей к обучению.

Комплексное решение этих задач на сего-

дняшний день нашло свое отражение в создании и внедрении систем электронного обучения, среди которых наиболее известными и популярными являются:

- институт дистанционного образования МЭСИ ([www.ido.ru](http://www.ido.ru));
- система дистанционного обучения xDLS ([www.xdlsoft.com](http://www.xdlsoft.com));
- система дистанционного обучения на базе Learning Space ([www.lsibm.ru](http://www.lsibm.ru));
- интернет-университет информационных технологий ([www.intuit.ru](http://www.intuit.ru)).

Вышеперечисленные системы электронного обучения (СЭО) имеют высокое качество исполнения и располагают необходимой базой материалов по различным предметным областям. Однако, как показали исследования, проведенные в работе [2], данные СЭО обладают рядом существенных недостатков. Одним из них является то, что при разработке курса, даже незначительно отличающегося по контенту, приходится включать в него изложенные по-разному одни и те же знания, что приводит к их избыточности. Также весьма затруднительно организовать адаптивное обучение (по уровню знаний обучаемого), так как структура учебного материала жестко определена на этапе разработки курса.

Так, например, курсы информатики, физики, математики, химии и других дисциплин для разных специальностей могут отличаться по составу и глубине проработки, что порождает необходимость создавать иногда даже незначительно отличающиеся по контенту электронные модули. Очевидно, что хранение готовых электронных учебников в этом виде малоэффектив-

но само по себе. В то же время отдельные дисциплины или их фрагменты периодически модернизируются (например, в области информационных технологий, где речь идет о внедрении новых аппаратных и программных решений). Практически невозможно или, по крайней мере, очень трудоемко обеспечить синхронную модификацию модернизируемых фрагментов учебного материала во всех вариантах учебно-методических курсов, предоставляемых обучаемым по разным специальностям.

Решение этой проблемы может быть найдено в построении некоторого виртуального пространства, представляющего собой совокупность формализованных знаний, взаимосвязанных между собой структурными связями различного рода [1]. Проекциями фрагментов пространства знаний могут являться учебно-методические материалы, публикуемые в виде учебных пособий, а также презентационные и другие информационные материалы, предоставляемые обучаемому. Целью и важным моментом построения виртуального пространства является исключение избыточности хранения, т. е. дублирования фрагментов учебных материалов, возникающей при разработке учебно-методических курсов для подготовки специалистов по разным образовательным программам.

Одним из лучших, на наш взгляд, решений управления контентом такого плана, из имеющихся в Интернет «источников знаний», является проект «Викиучебник» ([www.wikibooks.org](http://www.wikibooks.org)). В данном проекте хорошо продуманы и реализованы технологии управления содержанием публикуемых материалов, поиска по ключевым понятиям, а также организация связей между документами, в какой-то степени формирующие подобное виртуальное пространство.

В этой связи проект «Википедия» можно определить как приемлемую технологию формирования виртуального пространства знаний. Однако с точки зрения организации процесса обучения данная технология не позволяет организовать процесс подготовки специалистов, и не имеет возможности подбора материалов даже в рамках учебных курсов.

Таким образом, анализируя текущее положение дел в области систем электронного обучения, сформулируем ряд требований, при выполнении которых, на наш взгляд, становится возможным повысить эффективность процесса обучения с использованием электронной системы, а также облегчить и сделать возможным многопользовательскую разработку учебно-методических курсов для такой системы.

Для электронной системы обучения:

- возможность формирования адаптированного (по уровню знаний) учебно-методического материала по запросам пользователя;
- организация интерактивного взаимодействия с пользователем;
- наличие системы построения индивидуального маршрута обучения;
- наличие механизмов оценки знаний обучаемого (предварительное, промежуточное и итоговое тестирование);

Для системы формирования учебно-методического контента:

- удобный, интуитивно понятный интерфейс системы;
- организация многопользовательского доступа для коллективной разработки учебного контента;
- наличие инструмента, позволяющего разрабатывать проверочные задания;
- механизм формирования учебно-методических курсов на основе подготовленного контента и проверочных заданий.

В данной работе особое внимание уделяется вопросам, посвященным реализации описанных требований для системы формирования учебно-методического контента.

Целью настоящей работы является повышение эффективности подготовки учебно-методического контента для систем электронного обучения.

Для достижения поставленной цели следует решить ряд задач, посвященных разработке моделей и алгоритмов системы управления контентом виртуального пространства знаний, а именно:

- разработать информационную модель хранения слабо-структурируемых фрагментов учебно-методической информации в базе данных виртуального пространства знаний;
- разработать модель и алгоритмы эффективного управления контентом виртуального пространства знаний;
- разработать программно-инструментальные средства, реализующие алгоритмы формирования учебно-методического контента виртуального пространства знаний.

## 1. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ

Понятие «пространство» в исходном виде подразумевает отсутствие явно выделенных границ. Однако количество знаний, полученных человеком, является конечной величиной, что и позволяет организовать их хранение в

компьютерных системах, не способных манипулировать с бесконечностью. С этой точки зрения понятие «пространство знаний» будем понимать как достаточно большое, но конечное количество накопленных человечеством знаний, для которого можно организовать виртуальное отображение.

Виртуальное пространство знаний по своей сути является системой взаимосвязанных фактов, определений, математических зависимостей и т. д. Данные элементы могут быть представлены обучаемому в виде учебных пособий, фрагментов лекций, презентаций и т. п. Организация хранения и обработки такой информации, представленной даже в электронном виде, является очень сложной задачей для разработчиков электронных систем обучения.

Пространство знаний, как и любая сложная система, обладает свойством декомпозиции. Это позволяет организовать представление знаний как совокупности некоторых фрагментов, например, определений, теорем, формул, рисунков, элементов звука, анимации и т. п., что, в отличие от форм типа «учебное пособие» делает возможным использовать для хранения и дальнейшей работы с информацией технологии баз данных. В работе [2] предложена объектная модель для хранения учебно-методической информации в реляционной базе данных, позволяющая повысить эффективность хранения учебного контента, сделать возможным его многократное использование в нескольких различных дисциплинах, исключив при этом избыточность хранения информации, организовать количественную и качественную вариативность представления информации в зависимости от индивидуальных потребностей и особенностей обучаемого.

Эффективность хранения учебного контента с использованием реляционных баз данных обусловлена тем, что к таким базам данных можно применить процедуру нормализации, тем самым избежать избыточности, которая потенциально может привести к логически ошибочным результатам выборки или изменениям в данных.

Нерассмотренными в работе [2] остались вопросы, посвященные разработке моделей и алгоритмов формирования и управления содержанием базы данных, а также совместной работы множества авторов в рамках единого образовательного проекта.

Определим перечень сущностей (рис. 1) необходимых для организации хранения информационной составляющей виртуального пространства знаний и опишем фрагмент информационной модели нормализованной базы данных с учетом связей описанных сущностей (рис. 2).

| Сущность               | Характеристика   |
|------------------------|--|
| Объекты_0 (objects_0)  | Содержит объекты «нулевого» уровня. Служит для хранения информации на физическом уровне (базовый неделимый набор данных определённого типа: текстовый фрагмент, рисунок, формула). |
| Объекты (objects)      | Логически законченный фрагмент учебно-методической информации.   |
| Связи (links)          | Хранит информацию о связях и включениях объектов во фрагменты УМК.   |
| Типы (types)           | Несёт информацию о имеющихся в системе типах данных и соответствующих методах их обработки.  |
| Категории (Categories) | Содержит перечень предметных областей, имеющихся в системе, для соотношения объектов к той или иной категории.   |
| Словарь (Words)        | Словарь терминов и ключевых понятий. Служит для организации алгоритмов поиска.   |

Рис. 1. Характеристики сущностей БД виртуального пространства знаний

При использовании данной модели хранения учебно-методической информации становится возможным формировать индивидуальный курс по любой специальности по запросу обучаемого. Процесс формирования дидактической единицы части учебно-методического курса можно представить в виде схемы (рис. 3).

Из данной схемы видно, что весь контент учебных дисциплин состоит из связанной структуры объектов различного уровня, начиная с объектов «нулевого» уровня.

Так, объект «нулевого» уровня можно представить в виде:

$$O_0 = I + \sum_{i=1}^{Nm} M_i + \sum_{j=1}^{Nd} D_j,$$

где  $O_0$  – объект «нулевого» уровня;  $I$  – информационная составляющая объекта «нулевого» уровня;  $M_i$  – методы отображения объекта «нулевого» уровня;  $N_m$  – количество методов объекта;  $D_j$  – дополнительная информация о содержании объекта «нулевого» уровня (метаданные);  $N_d$  – количество дополнительных информационных.

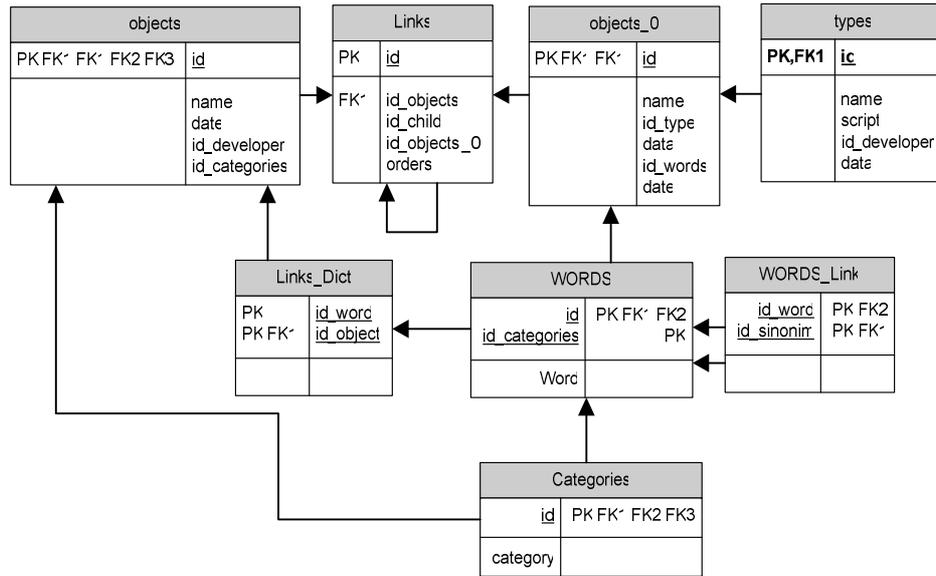


Рис. 2. Схема связей сущностей базы данных

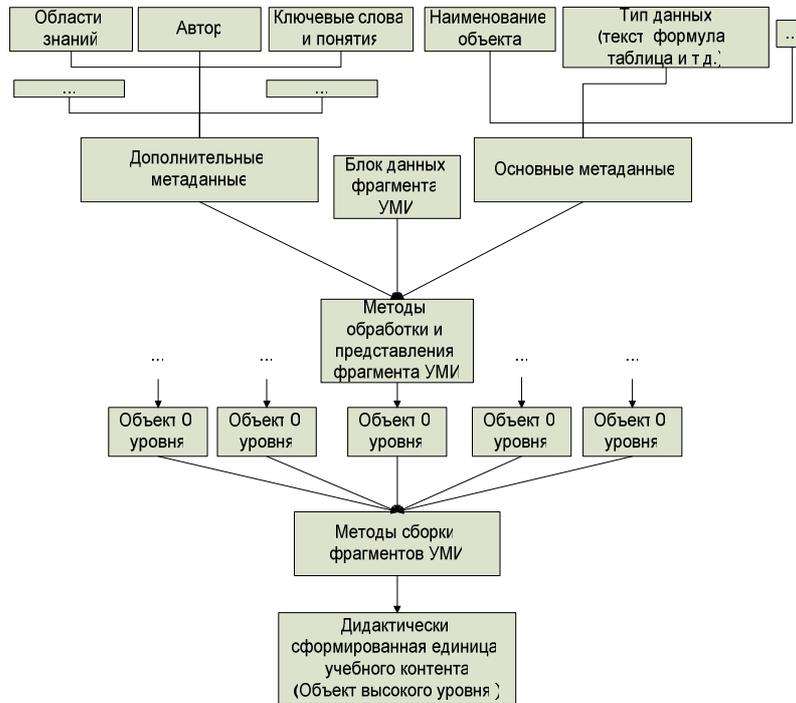


Рис. 3. Фрагмент структурной схемы формирования дидактической единицы части учебно-методического курса

**Объект «первого» уровня** представлен в виде:

$$O_1 = \sum_{i=1}^{N_0} O_{oi} + \sum_{j=1}^{N_d} D_j + \sum_{k=1}^{Nm} M_k,$$

где  $O_1$  – объект «первого» уровня;  $O_0$  – объект «нулевого» уровня;  $N_0$  – количество объектов «нулевого» уровня в объекте «первого» уровня;  $D_j$  – дополнительная информация об объекте «первого» уровня (метаданные);  $N_d$  – количество дополнительных информационных блоков в

объекте «первого» уровня;  $M_k$  – методы объекта «первого» уровня;  $Nm$  – количество методов объекта.

**Объект «N» уровня** представлен в виде:

$$O_N = \sum_{i=1}^{N_{0N}} O_{(N-1)i} + \sum_{j=1}^{N_{iN}} D_{Nj} + \sum_{k=1}^{Nm_N} M_{Nk},$$

где  $O_N$  – объект «N» уровня;  $O_{N-1}$  – объект «N-1-го» уровня;  $N_{0N}$  – количество объектов «N-1» уровня в объекте «N» уровня;  $D_{Nj}$  – дополнительная информация об объекте «N» уровня

(метаданные);  $Ni_N$  – количество дополнительных информационных блоков в объекте « $N$ » уровня;  $M_{Nk}$  – методы объектов « $N$ » уровня;  $Nm_N$  – количество методов объекта.

Из приведенной математической модели видно, что объекты высших уровней инкапсулируют данные, наследуют свойства и методы объектов нижних уровней, а также обладают собственными методами и информационными полями. Таким образом, отметим тот факт, что с увеличением уровня вложенности объектов структура виртуального пространства знаний значительно усложняется. Одним из требований для системы формирования учебно-методического контента является механизм формирования учебно-методических курсов на основе подготовленного контента и проверочных заданий. Это означает, что разработчик должен принять за правило максимально использовать накопленный в системе материал при подготовке собственных вариантов курсов. Также известен тот факт, что процедура нормализации структуры базы данных помимо избавления от избыточности приводит к усложнению системы запросов к данным, хранящим учебно-методический контент.

Так как описываемая система хранения учебно-методического контента полностью нормализована и имеет достаточно большое количество дополнительных информационных полей, то работа с ней требует от пользователя глубоких знаний теории баз данных и больших временных затрат, что также не соответствует требованию к системе формирования учебно-методического контента: простой и интуитивно понятный интерфейс системы. Таким образом, описанная информационная модель требует инструмента, позволяющего организовать работу разработчика учебных курсов с учебно-методическим контентом виртуального пространства знаний, а также позволить ему ориентироваться в частично сформированном пространстве знаний.

Очевидным решением данной проблемы является предоставление разработчику учебно-методической информации инструмента для поиска необходимой информации в виртуальном пространстве знаний, в какой-то степени аналогичных поисковым системам Rambler, Yandex, Google. На сегодняшний день в подобные системы внедрены такие компоненты, как:

- автоматическая группировка документов по определенному заранее классификатору;

- выявление семантически подобных документов – поиск подобных документов на основе семантики эталона;

- автоматический анализ и смысловое преобразование запросов пользователей.

Применение этих алгоритмов существенно упростит работу разработчиков контента виртуального пространства знаний, которые в большинстве своем до сих пор работают с учебными курсами как с автономными объектами.

## 2. АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОДОБИЯ ОБЪЕКТОВ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ

Анализируя результаты выполнения запросов поисковых интернет-систем в аспекте настоящей проблемы, можно оценить недостатки этих алгоритмов, заключающиеся в том, что по мере наполнения базы данных виртуального пространства учебными фрагментами, рассматриваемые алгоритмы будут использовать большие объемы данных, получая при этом менее адекватные результаты.

Отсутствие учета явных и неявных междисциплинарных связей, логической последовательности хранимых в распределенной базе данных фрагментов, представляющей собой слабо или абсолютно несвязанную совокупность серверов, многократно дублирующих одну и ту же информацию.

Соответственно, не отрицая накопленного опыта в области анализа текстовой информации, необходимо:

- разработать алгоритмы семантического анализа вводимого фрагмента текста для создания интеллектуального инструмента поиска и механизма установки межобъектных связей виртуального пространства знаний, учитывающих существующую систему отношений между объектами контента виртуального пространства знаний;

- разработать алгоритмы и методы оценки семантического подобия вводимых учебно-методических фрагментов с уже имеющимся в базе данных контентом виртуального пространства знаний;

- разработать алгоритмы и методы отображения среза виртуального пространства знаний по ключевым словам вводимого текста, учитывающих принадлежность фрагментов учебно-методической информации к определенной предметной области.

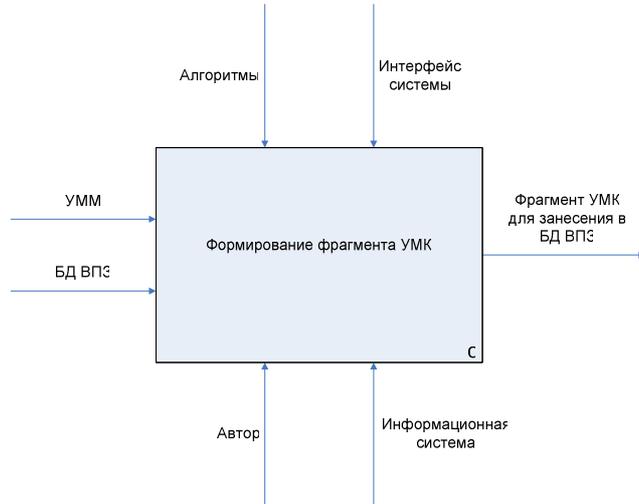


Рис. 4. Функциональная схема «Формирование фрагмента УМК» (уровень А0)

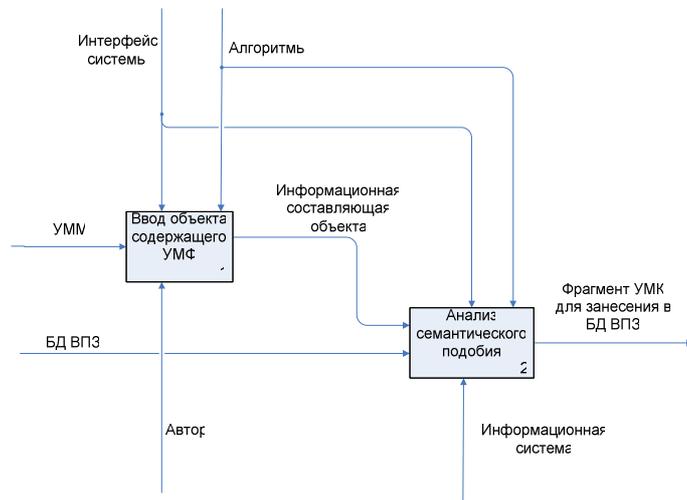


Рис. 5. Декомпозиция уровня А0

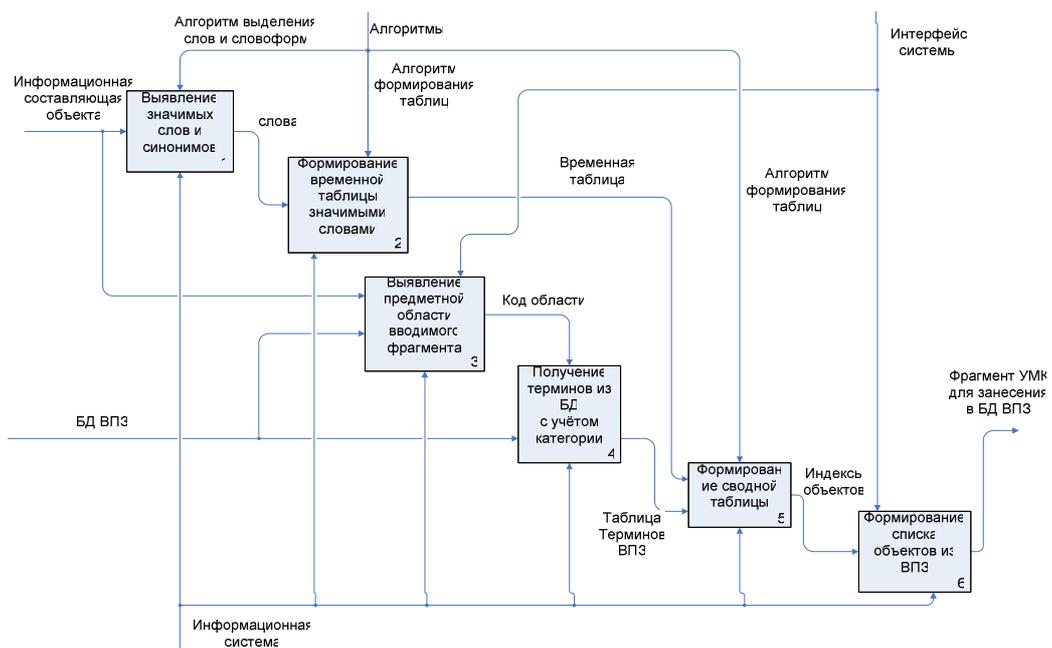


Рис. 6. Декомпозиция блока «анализ семантического подобия»

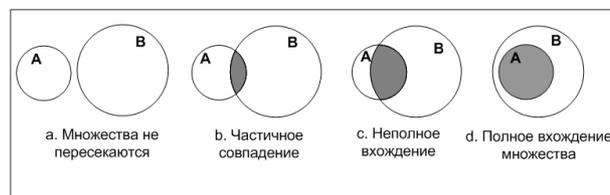
Для лучшего понимания устройства системы формирования учебно-методического контента приведем ее функциональную схему (рис. 4), построенную на основе SADT методологии (методология структурного анализа и проектирования, интегрирующая процесс моделирования, управление конфигурацией проекта).

На приведенной схеме, как требует того методология SADT, управляющая информация входит в блок сверху. Управляющее воздействие оказывают алгоритмы формирования учебно-методического контента и интерфейсная часть системы, в которой реализована интерактивность при взаимодействии с пользователем. В качестве информации, подаваемой на вход системы, выступает учебно-методическая информация, представленная в электронном виде, а также информация, хранящаяся в базе данных виртуального пространства знаний. Конечной информацией, отображенной справа от блока, является фрагмент учебно-методического курса, который в свою очередь заносится в базу данных. Механизмами формирования фрагмента учебно-методического курса являются человек – автор курса и информационная система, они подаются в блок снизу. Для детального понимания работы функционального блока «А0», декомпозируем его (рис. 5). На рис. 5 схематически отображен процесс ввода информации тьютором (автором курса). Системой анализируется информационная составляющая объектов и далее эта информация поступает на вход блока анализа семантического подобия. Декомпозируем этот блок (рис. 6).

Любая система, имеющая дело с объектами, описанными на естественном языке и производящая анализ этих объектов, сталкивается с задачей структуризации этих объектов (как внутри самих объектов, так и их внешних взаимоотношений).

После того, как к тексту применяются некие первичные алгоритмы анализа, организуется структура – иерархическая система объектов. Причем терминальными объектами в этой системе являются некие отрезки текста, например, слова. Так, на рис. 6 отображен процесс структуризации и поиска значимых слов во вводимом фрагменте учебно-методического контента. После того как выделен набор значимых слов, формируется сводная таблица путем наложения двух множеств. По элементам учебного контента, стоящих на пересечении двух этих множеств и происходит выявление степени принадлежности вводимого фрагмента к той или иной предметной области.

Множество  $A$  – список терминов и понятий во вводимом фрагменте учебного контента.  $B$  – множество имеющихся в базе данных виртуального пространства знаний ключевых понятий. Здесь следует отметить несколько возможных исходов (рис. 7).



**Рис. 7.** Возможные варианты пересечений множеств ключевых терминов виртуального пространства знаний и вводимого фрагмента учебной информации

На рис. 7 отображены следующие ситуации:

а) Вводимый фрагмент не имеет подобных элементов.

б) В базе данных виртуального пространства знаний частично имеются понятия, вводимые тьютором. Формируется список подобных объектов. Тьютор определяет использовать ли данные объекты в собственном варианте курса.

с) Вводимый фрагмент в большей мере имеется в пространстве знаний, системой генерируется событие, уведомляющее автора об этом, и формируется отображение имеющегося объекта.

д) Вводимый фрагмент полностью совпадает с имеющимся в базе данных объектом учебно-методической информации, рекомендуется использовать существующий в базе данных фрагмент учебного контента.

Очевидно, чем меньше размер множества  $B$ , тем чаще вероятность возникновения ситуации, когда множества не пересекаются. Такая ситуация имеет место при начальном формировании виртуального пространства знаний. Приведем блок схему алгоритма, используемого при вводе учебно-методических фрагментов в виртуальное пространство знаний (рис. 8).

Важными элементами в этой блок-схеме выступают:

- блок организации межобъектных связей, который отвечает за организацию связей внутри вводимого фрагмента, таких, например, как ссылка на раскрытие определения или теоремы;

- поиск семантически подобных объектов ВПЗ, где устанавливается степень пересечения двух множеств, о которых говорилось ранее.

Таким образом, после того как сформированы фрагменты учебно-методической инфор-

мации, становится возможным организовать построение учебно-методических курсов путем организации связей между объектами (рис. 9).

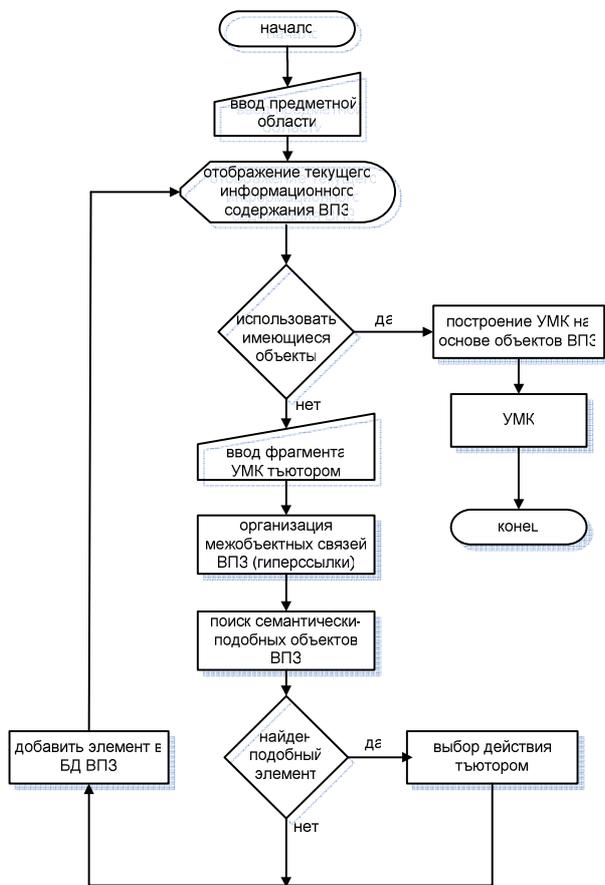


Рис. 8. Блок-схема алгоритма формирования фрагмента учебно-методической информации

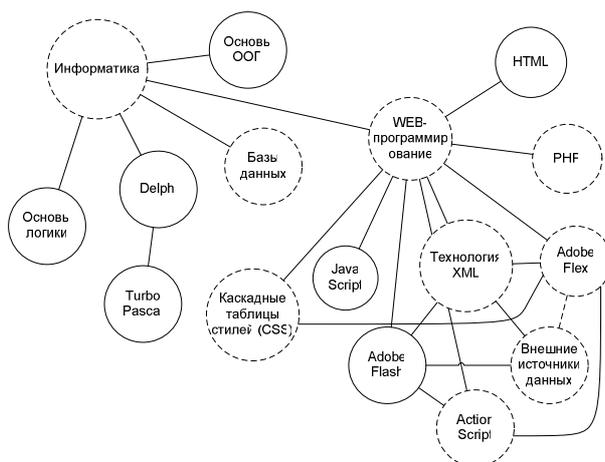


Рис. 9. Граф взаимосвязей объектов виртуального пространства знаний

Пунктирной линией (рис. 9) отображены объекты, включенные в курс информатики, посвященному WEB-дизайну. Структуру курса можно представить в виде дерева (рис. 10).

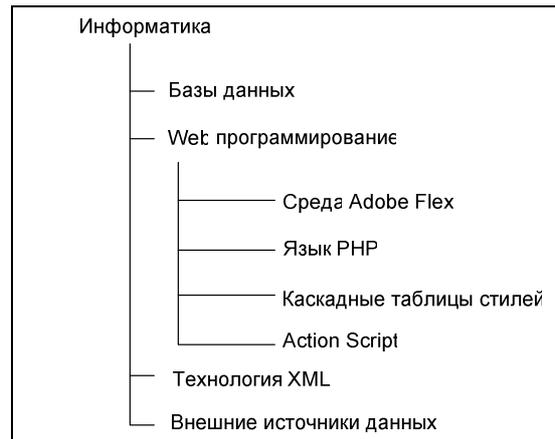


Рис. 10. Сформированная структура курса

В результате на основе сформированного учебно-методического контента, хранящегося в базе данных виртуального пространства знаний, становится возможным организовать структуру варианта учебного курса по любой дисциплине.

### 3. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Предложенный алгоритм формирования фрагмента учебно-методической информации с последующим занесением его в виртуальное пространство знаний реализован следующими инструментами:

- язык программирования PHP (Hypertext Preprocessor), широко используемый для создания сценариев общего назначения, одним из достоинств которого являются встроенные инструментальные средства управления СУБД, в том числе MySQL;

- среда Adobe Flex – это родственная Adobe Flash технология, основанная на описании интерфейса приложения (и обработчиков событий, связи источников данных с объектами и т. п.) с помощью диалекта XML – MXML.

- система управления базами данных MySQL, достоинствами которой являются многопоточность, поддержка нескольких одновременных запросов, записи фиксированной и переменной длины и др.

На рис. 11 показана экранная форма программной реализации алгоритмов семантического анализа для системы формирования контента виртуального пространства знаний. В левой части рисунка тьютором вводится фрагмент учебно-методической информации для формирования нового курса. Системой устанавливаются гиперссылки (межобъектные свя-

зи). Вместе с этим выводятся сами объекты, на которые установлены ссылки. Можно просмотреть содержимое этих объектов в небольшом окне в правой части экрана. На панели инструментов, расположенной вверху, располагаются элементы, отвечающие за выбор необходимого типа данных, вводимых тьютором (изображение, текст, формула, график и т. д.).

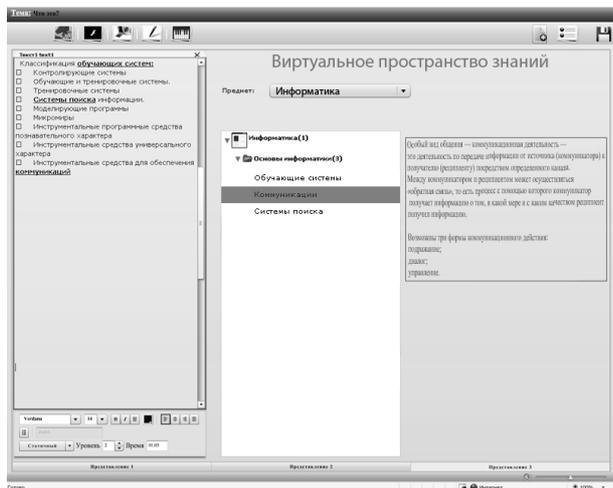


Рис. 11. Экранная форма системы

Эффективность формирования учебно-методического контента с использованием предложенных программно-инструментальных средств можно оценить, используя затраты времени на подготовку учебно-методического контента.

С одной стороны, применение виртуального пространства знаний требует от авторов дополнительных временных затрат на подготовку контента в соответствии с предлагаемой технологией описания фрагментов учебного материала, и, соответственно, усложняет работу по созданию учебных курсов. Однако когда у автора имеется наработанный материал, время подготовки курса сокращается пропорционально объему повторно используемого содержания. Кроме того, использование существующего контента виртуального пространства знаний позволяет автору сократить время подготовки новых учебных курсов или их модернизации.

На рис. 12 приведен график зависимости временных затрат на проектирование учебно-методического курса в зависимости от объема повторно используемого содержания виртуального пространства знаний.

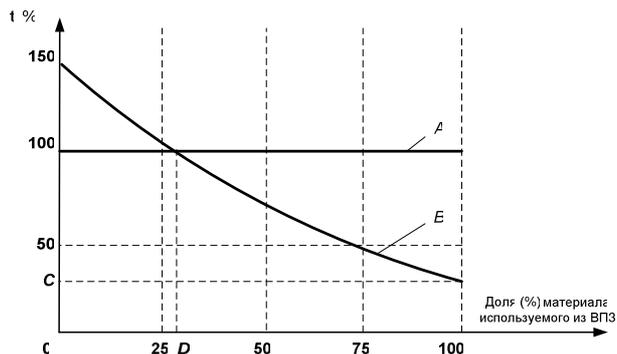


Рис. 12. Затраты времени на подготовку учебного материала в ВПЗ

В данном случае прямая А отображает время подготовки нового учебно-методического материала без использования знаний разработанной системы. Кривая В соответствует затратам времени на разработку с применением технологии виртуального пространства знаний. Отметим, что при отсутствии наработанного материала, временные затраты автора будут выше, чем без использования подобной системы. В то же время с увеличением доли повторно используемых фрагментов суммарное время разработки будет сокращаться пропорционально используемому объему. Нелинейный характер кривой и отклонение точки С от нулевого значения обуславливается возрастающими затратами времени на использование (поиск и включение) готовых фрагментов учебного материала в новом варианте учебного курса или пособия.

Точка D соответствует пороговому значению, при котором применение системы считается эффективным. Разумеется, эффективным с точки зрения формирования учебно-методических материалов будет случай, когда повторное использование учебных фрагментов допустимо и поощряется. Так, например, для различных специальностей, курс информатики может отличаться лишь в объеме изучаемого языка программирования, а совпадение учебных модулей достигает 80–90%. Соответственно, в этом случае эффективность применения данной технологии очевидна.

Если говорить об абсолютных значениях, то норма времени профессорско-преподавательского состава составляет до 105 часов на подготовку лекций по вновь вводимому курсу и 60 часов на модернизацию имеющегося материала. Согласно графику, приведенному на рис. 12 для случая модернизации учебного материала, затрагивающего 25% содержания затраты времени из расчета на 1 авторский лист составят менее 50% или порядка 50 часов, что менее нормы в 60 часов на 1 авторский лист, что так

же подтверждает эффективность применения системы.

Отметим, что для построения графика использовались весьма высокие показатели по затратам труда, связанные с дополнительной обработкой (до 50% от нормы) и поиском (до 5%) существующего контента для формирования учебных курсов. Таким образом, фактическая эффективность может оказаться и выше.

### ВЫВОДЫ

1. В работе рассмотрены актуальные проблемы разработки систем электронного обучения, проведен анализ современных технологий формирования контента для систем электронного обучения.

2. Разработана информационная модель хранения слабо структурируемых фрагментов учебно-методической информации, позволяющая генерировать учебно-методический контент, отвечающий современным представлениям предметной области, обеспечивая при этом целостность, непротиворечивость и минимальную избыточность хранимой в базе данных виртуального пространства знаний информации.

3. Разработаны модели и алгоритмы, а также созданы программно-инструментальные средства формирования учебного контента, позволяющие повысить эффективность наполнения и поддержки в актуальном состоянии виртуального пространства знаний.

4. Выполненная оценка эффективности показала, что применение предложенной авторами технологии с точки зрения затрат времени на создание учебных материалов эффективно уже при использовании 30% повторного использования фрагментов учебного материала, хранящегося в базе виртуального пространства знаний.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев А. И., Минасов Ш. М. Процесс подготовки учебного контента для систем электронного обучения // Новые образовательные технологии в вузе: Сб. материалов шестой междунар. науч.-метод. конф. 2009. Ч. 1. С. 141–146.

2. Кабальнов Ю. С., Минасов Ш. М., Тархов С. В. Применение мультиагентных систем электронного обучения в гетерогенных информационно-образовательных средах. М.: Изд-во МАИ, 2007. 271 с.

### ОБ АВТОРАХ



**Кабальнов Юрий Степанович**, проф., зав. каф. информ. Дипл. инж. электронной техники (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по управлению в технических системах (УГАТУ, 1993). Иссл. в обл. адаптивного и интеллектуального управления сложными объектами.



**Григорьев Андрей Мванович**, асс., асп. той же каф. Дипл. преподаватель информатики (БГПУ, 2006). Готовит дис. по управлению в социальных и экономических системах.



**Минасов Шамиль Маратович**, доц. той же каф. Дипл. инж. по авиац. и косм. теплотехнике (УГАТУ, 1996). Канд. техн. наук по матема. и программн. обеспечению вычислит. систем и комплексов (УГАТУ, 2003).