

## **Онтологически-ориентированная система управления контентом информационно-учебных Web-порталов**

Титенко Сергей Владимирович  
к.т.н., ст. преподаватель кафедры АПЕПС ТЭФ,  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»,  
Украина, 03056, г.Киев-56, проспект Победы, 37  
[lab@setlab.net](mailto:lab@setlab.net)

### **Аннотация**

Работа посвящена разработке структурно-алгоритмических основ и программных средств управления информационно-учебным Web-контентом. Разработан комплекс моделей и методов управления Web-контентом информационно-учебных порталов, основными из которых являются объектно-ориентированная иерархически-сетевая модель контента, понятийно-тезисная модель формализации смысла контента, модель профессиональных компетенций, метод автоматического построения онтологии на основе стэнфордской модели нечеткого вывода, алгоритм генерации тестовых заданий и метод построения индивидуальной образовательной Web-среды.

The work is devoted to development of structural basis and software tools of information and learning web content management. A set of models and methods was proposed. It includes such items as hierarchic-network object-oriented model of web content, Concept-thesis model of content meaning formalization, Professional competences model, method of domain ontology production based on the Stanford theory of fuzzy inference, tasks production algorithm and method of individual learning environment production.

### **Ключевые слова**

управление контентом, модель контента, индивидуальная учебная среда, онтология, автоматизация тестирования  
content management, content model, individual learning environment, ontology, testing automation

### **Введение**

В условиях информационного перенасыщения и бурного развития сети WWW, когда ежегодный прирост знаний составляет 4-6%, специалист получает до 50% знаний после окончания учебного заведения и почти треть общего объема своего рабочего времени должен тратить на пополнение профессиональных знаний [1]. В связи с этим вопросы построения эффективных систем управления профессиональной информацией и поддержки обучения приобретают особую значимость. Украина стоит перед вызовом внедрения и поддержки образовательных процессов по принципу «обучение через всю жизнь». Стандартизированные и достаточно статичные пяти-шестилетние университетские программы не способны

полностью удовлетворить переменчивые требования рынка труда. Инновации постоянно меняют спрос на различные профессии и сами профессии в частности. Поэтому обучение и профессиональное развитие не прекращаются после завершения университета, а продолжают и в дальнейшем. Технологии построения информационно-учебных Web-порталов и систем дистанционного образования имеют потенциал ответить на такой общественный вызов, предоставив удобные механизмы доступа пользователей к требуемой профессиональной информации и обеспечив поддержку индивидуализированного обучения.

Сегодня существует достаточно большое количество программных систем для организации дистанционного обучения, среди них Blackboard, WebCt, Moodle, IBM Learning Space и др. Такие системы предоставляют инструментарий для управления электронным обучением, однако они не обладают достаточными функциями для гибкого управления Web-контентом в контексте построения информационных порталов организаций или учреждений. С другой стороны типичные системы управления контентом (CMS), пригодные для создания информационных порталов, не содержат необходимых функциональных возможностей в контексте учебного процесса. Современность выдвигает требования индивидуализации и адаптации учебного и профессионального контента к потребностям пользователя, а это не может быть качественно реализовано в рамках упомянутых систем и требует применения средств описания предметных областей и моделей представления знаний. Проблема моделирования знаний в задаче управления Web-контентом информационно-учебных программных систем требует специальных подходов на стыке разных отраслей, среди которых разработка программного обеспечения, моделирование баз данных и знаний, дидактика, а также современные средства разработки Web-систем.

В отрасль моделирования учебного контента программных систем обучения внесли весомый вклад такие ученые как Брусиловский П., Мюррей Т., П. Де Бра, Башмаков А.И., Семикин В.А., Манако А.Ф., МакАртур Д., Мазурок Т.Л. и др. Проблема автоматизированного тестирования на основе программных комплексов рассмотрена в работах Елизаренко Г.М., Аванесова В.С., Сороко В.М., Станкова С. и др. Современные образовательные требования, а также концепция непрерывного обучения исследовались такими учеными как Згуровский М.З., Богданова И.Ф., Дресвянников В.А., Сивец С.Д. и др. Несмотря на достижения, нерешенной остается проблема построения программных систем для создания информационно-учебных Web-порталов, которые бы предоставляли пользователям удобные механизмы индивидуализированного доступа к требуемым профессионально-учебным ресурсам междисциплинарного характера.

## **Постановка задачи**

Целью работы является разработка структурных основ программного обеспечения системы автоматизированного управления информационно-учебным Web-контентом, которая позволит организовать индивидуализированный доступ пользователей к требуемой профессионально-учебной информации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать особенности существующих программных систем, применяемых для управления Web-контентом информационных порталов учебного и профессионального назначения, а также осуществить анализ современных образовательных требований к ним.
- Разработать модели структурирования и формализации знаний и информации, представленных в Web-контенте информационно-учебного портала, с целью обеспечения основы для разработки и программной

реализации методов индивидуализированного доступа пользователей к требуемым профессионально-учебным ресурсам.

- Разработать методы и программно реализовать на их основе подсистему индивидуализированного доступа пользователей к требуемым ресурсам информационно-учебных Web-порталов.
- Разработать прикладную программную систему управления информационно-учебным Web-контентом с функцией индивидуализированного доступа пользователей к требуемым информационно-учебным ресурсам.

## **Программные системы построения информационно-учебных порталов и современные образовательные требования**

Современные образовательные тенденции предполагают, что системы построения информационно-учебных порталов (ИУП) должны быть чем-то большим, чем просто среда для передачи статических учебных материалов определенной группе пользователей с возможностью общения и последующим тестированием, что характерно для традиционных систем дистанционного обучения. Такие характеристики как индивидуальность, практическая целесообразность, релевантность, междисциплинарность и другие особенности непрерывного обучения требуют качественно иных методов и моделей построения таких систем. Модель образовательного процесса по требованиям непрерывного обучения в отличие от классического дистанционного обучения содержит следующие этапы: 1) определение образовательных потребностей и целей пользователя, 2) определение уже имеющихся у пользователя знаний и навыков, соответствующих целям обучения, 3) построение и адаптивная поддержка релевантного учебного процесса на основе сведений, полученных на 1-м и 2-м этапах.

Анализ существующих технологий, методов и моделей интеллектуальных систем обучения позволяет обратить внимание на недостатки таких систем в контексте непрерывного обучения, а также выработать рекомендации к их преодолению. Проблема однопредметности и закрытости контента обучающей системы должна быть преодолена путем обеспечения моделей контента способностью поддерживать междисциплинарные связи, а также представлять многопредметные учебные материалы. С целью обеспечения профессиональной направленности обучения программные системы управления контентом ИУП должны предусматривать моделирование профессиональных компетенций и должностных требований в их соотношении с учебным контентом. Образовательными требованиями к современным информационно-учебным Web-системам являются следующие: многопредметность и междисциплинарность учебно-методического наполнения, обеспечение средствами моделирования кадровых и производственных задач и компетенций; наличие методов автоматизированного построения индивидуальных учебных сред с функцией контроля и диагностики знаний. Таким образом предлагается соответствующая концептуальная схема системы управления контентом ИУП (рис. 1).



**Рис.1. Концептуальная схема программной системы управления контентом ИУП**

Ключевыми задачами в процессе создания такой программной системы являются построение модели базы данных и знаний, представленных в контенте, разработка структурно-алгоритмических основ подсистемы построения индивидуальной учебной среды и автоматизация тестирования знаний. Моделирование знаний должно осуществляться путем построения онтологии предметной области, представленной в учебном и профессиональном контенте системы. Таким образом, база знаний ИУП должна содержать контент, т.е. информационное наполнение, которое выражает знания языком коммуникации человека, его онтологически-ориентированную формализацию, а также дидактическую функцию, которая управляет на основе онтологии процессом поставки контента пользователю. Следовательно, задача моделирования знаний в системе управления контентом ИУП сводится к построению онтологически-ориентированной модели учебного контента, включающей три ключевых компонента: 1) информационное наполнение, 2) онтологию предметной области, 3) дидактическую функцию.

### **Комплекс моделей и методов для системы автоматизированного управления контентом ИУП**

Предлагается двухуровневый подход к управлению контентом. На основе этого подхода на первом уровне работы с системой происходит управление знаниями. Уровень управления знаниями предусматривает выполнение двух основных функций: формализацию компетенций и формализацию контента. Результатом этой работы является построение Web-портала знаний организации или учреждения. Второй уровень работы с системой заключается в непосредственной организации индивидуализированного обучения и содержит такие ключевые функции: организация образовательного запроса (ОЗ) и автоматизированное построение индивидуальной учебной среды (ИУС). Ко второму уровню также относятся контроль и диагностика знаний, как необходимые компоненты учебного процесса. Функциональность системы на уровне организации индивидуализированного обучения целиком основана на знаниях, заложенных в систему на уровне управления знаниями.

## Понятийно-тезисная модель и формирование онтологии предметной области

Для обеспечения моделирования контента на предметном уровне предлагается понятийно-тезисная модель (ПТМ) [2-3]. Она применяется как средство моделирования смысла контента ИУП, при этом формализация происходит внутри фрагмента учебного текста. Краеугольным камнем модели является понятие, предмет обсуждения, некоторый объект из предметной области, о котором в учебном материале есть знания. Теза – это некоторое сведение или утверждение о понятии. Понятия указывают на предмет контента, а тезы являются описательно-смысловым наполнением базы знаний, которое раскрывает характер и свойства имеющихся понятий. С каждым понятием связывается множество тез. Формально теза является одним или несколькими предложениями, в которых речь идет непосредственно о соответствующем понятии, однако само понятие там синтаксически не фигурирует. Приведем примеры: тезис о понятии «процедура» – «позволяет разбить программу на подпрограммы»; тезис о понятии «класс» – «может иметь в своей структуре не только поля-свойства, но и методы, то есть функции и процедуры». Множество понятий:  $C = \{c_1, \dots, c_{n1}\}$ . Множество тез:  $T = \{t_1, \dots, t_{n2}\}$ . Связь между тезами и понятиями:  $CT: T \rightarrow C, TC: C \rightarrow 2^T$ .

Элементы ПТМ выделяются экспертом непосредственно из текста учебного фрагмента с помощью специализированных средств пользовательского интерфейса. В итоге каждый фрагмент  $v_i$  может стать источником произвольного количества тез  $t_j$ , что задается отображением:  $TV: V \rightarrow 2^T, VT: T \rightarrow V$ . Понятия, относящиеся к данному учебному фрагменту, и соответственно, учебный материал, к которому относится данное понятие, определяются операторами:

$$CV(v) = \{c: TV(v) \cap TC(c) \neq \emptyset\}, VC(c) = \{v: TV(v) \cap TC(c) \neq \emptyset\}.$$

Классификация тез и понятий служит для сохранения в БЗ информации о смысловом или лексическом характере того или иного понятия или тезы:  $TClass = T \rightarrow TClasses, CClass = C \rightarrow CClasses$ .

На основе семантико-синтаксического анализа элементов ПТМ и стэнфордской модели нечеткого вывода [4] предлагается метод автоматического построения онтологии предметной области, основанной на отношении дидактического следования. Под дидактическим следованием  $concept\_before(A, B)$  будем понимать такое отношение, которое указывает на то, что в структуре учебного материала понятие  $A$  следует представить раньше, чем понятие  $B$ , так как знания о понятии  $B$  основываются на знаниях о понятии  $A$ .

Метод автоматического построения онтологии основан на трех базовых логических правилах [5]:

*Правило № 1.* Если понятие «1» фигурирует в названии понятия «2», то понятие «1» является дидактической предпосылкой понятия «2» с высокой степенью достоверности:

$$c_k \in C \text{ in } C(c_l) \rightarrow concept\_before(c_k, c_l) \langle CFcinc \rangle$$

*Правило № 2.* Если понятие «1» фигурирует в тезе понятия «2», то понятие «1» является дидактической предпосылкой понятия «2» с некоторой достоверностью:

$$t \in TC(c_l) \wedge c_k \in C \text{ in } T(t) \wedge TClassCF(TClass(t)) > 0 \rightarrow \\ \rightarrow concept\_before(c_k, c_l) \langle TClassCF(TClass(t)) \rangle$$

*Правило № 3.* Также для некоторых случаев действует обратное правило: если понятие «1» фигурирует в тезе понятия «2», то понятие «2» является дидактической предпосылкой понятия «1» с некоторой достоверностью:

$$t \in TC(c_i) \wedge c_k \in CinT(t) \wedge TClassCF(TClass(t)) < 0 \rightarrow \\ \rightarrow concept\_before(c_i, c_k) \langle -TClassCF(TClass(t)) \rangle$$

В случае, когда для противоположных гипотез одновременно имеет место  $CF > 0$ , истинной принимается гипотеза с большим значением  $CF$ , при этом фактор уверенности пересчитывается по формуле:

$$CF = \frac{\max(CF_{CtoC}(a,c), CF_{CtoC}(c,a)) - \min(CF_{CtoC}(a,c), CF_{CtoC}(c,a))}{1 - \min(CF_{CtoC}(a,c), CF_{CtoC}(c,a))}$$

Данные дидактической онтологии используются для построения дидактико-семантических карт [5], которые предоставляют дополнительную информацию как эксперту, который отвечает за ПТ-формализацию, так и пользователю с целью повышения наглядности. Структурная схема ПТМ изображена на рис.2.

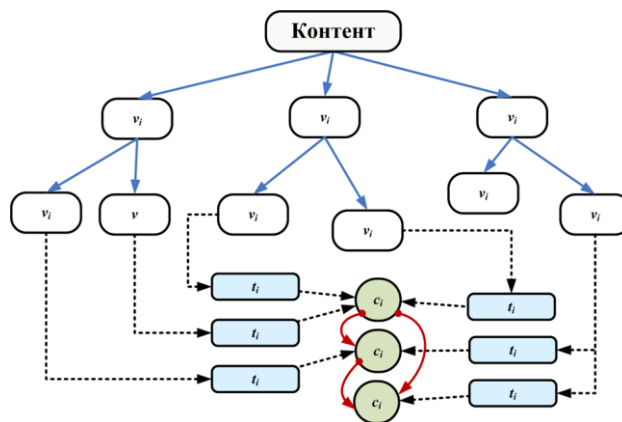


Рис.2. Структурная схема ПТМ и связь с контентом

## Метод автоматического построения тестовых заданий на основе понятийно-тезисной модели

С целью представления структурных основ и алгоритмов генерации и автоматизированного анализа тестов разработана модель контроля и диагностики знаний и состояния обучения [2,3,6]. Строительным материалом тестовых заданий являются семантические сущности ПТМ. Множество *тестов*:  $Test = \{test_i\}$ . Входным параметром теста является контрольная область учебного контента:  $Vtrg: Test \rightarrow 2^V$ . Ресурсная область контента служит в качестве дополнительного источника ПТ-элементов:  $Vres: Test \rightarrow 2^V$ . Множество тестовых заданий:  $Task = \{task_i\}$ . Связь тестов с заданиями задается отображением:  $TestTasks: Test \rightarrow 2^{Task}$ . Каждое задание связывается с контрольной ПТ-парой, т.е. таким понятием и его тезисом, которые лягут в основу этого тестового задания:  $TaskCT: Task \rightarrow CT$ .

Формируется набор шаблонов для тестовых заданий  $TTempl = \{TTempl_i\}$ ,  $TaskTempl: Task \rightarrow TTempl$ . Каждое задание связывается с набором семантических элементов, используемых как варианты альтернативных ответов:  $TaskAItems: Task \rightarrow 2^C \cup 2^T$ . Типизация вопросительного ПТ-элемента задается отображением:  $TQEntity: TTempl \rightarrow CTEntity$ , где  $CTEntity = \{Concept, Thesis\}$ .

Классы ПТ-элементов, которые могут быть применены для тестового задания каждого из шаблонов:  $TQClasses: TTempl \rightarrow 2^{CClasses} \cup 2^{TClasses}$ . Запрещенные ПТ-

классы в задании:  $TQNotClasses: TTempl \rightarrow 2^{CClasses} \cup 2^{TClasses}$ . Для аналогичного указания классов для ПТ-элементов, служащих как варианты ответов, используются отображения  $TAClasses$  и  $TANotClasses$ .

Предложенный алгоритм построения и визуализации тестового задания  $task_k$  на основе ПТ-элементов, их связи с учебными материалами и шаблонами тестовых заданий содержит следующие шаги:

1) выбор контрольной ПТ-пары:

$$TaskCT(task_k) = (t_k, c_k): (t_k, c_k) \in CT \wedge VT(t_k) \in Vtrg(test_k);$$

2) поиск допустимых шаблонов заданий:

$$TT' = \{tt: TQEntity(tt) = Concept \wedge (CClass(c_k) \in TQClasses(tt) \vee TQClasses(tt) = 0) \wedge CClass(c_k) \notin TQNotClasses(tt) \wedge (TClass(t_k) \in TAClasses(tt) \vee TAClasses(tt) = 0) \wedge TClass(t_k) \notin TANotClasses(tt)\},$$

аналогично ищется  $TT''$  для  $TQEntity(tt) = Thesis$ ,  $TT = TT' \cup TT''$ ;

3) выбор шаблона задания:  $TaskTempl(task_k) = tt_k$ ;

4) поиск альтернативных вариантов ответов;

$$TaskAItems' = \{t: t \neq t_k \wedge CT(t) \neq c_k \wedge (TClass(t) \in TAClasses(tt_k) \wedge TAClasses(tt_k) \neq 0) \vee (t \in T \wedge TAClasses(tt_k) = 0) \wedge TClass(t) \notin TANotClasses(tt_k) \wedge VT(t) \in Vres(test_k)\},$$

где  $TaskAItems'$  состоит из тез; аналогично ищутся варианты ответов-понятия;

5) визуализация тестового задания.

## Иерархически-сетевая объектно-ориентированная модель структуры информационно-учебного Web-контента

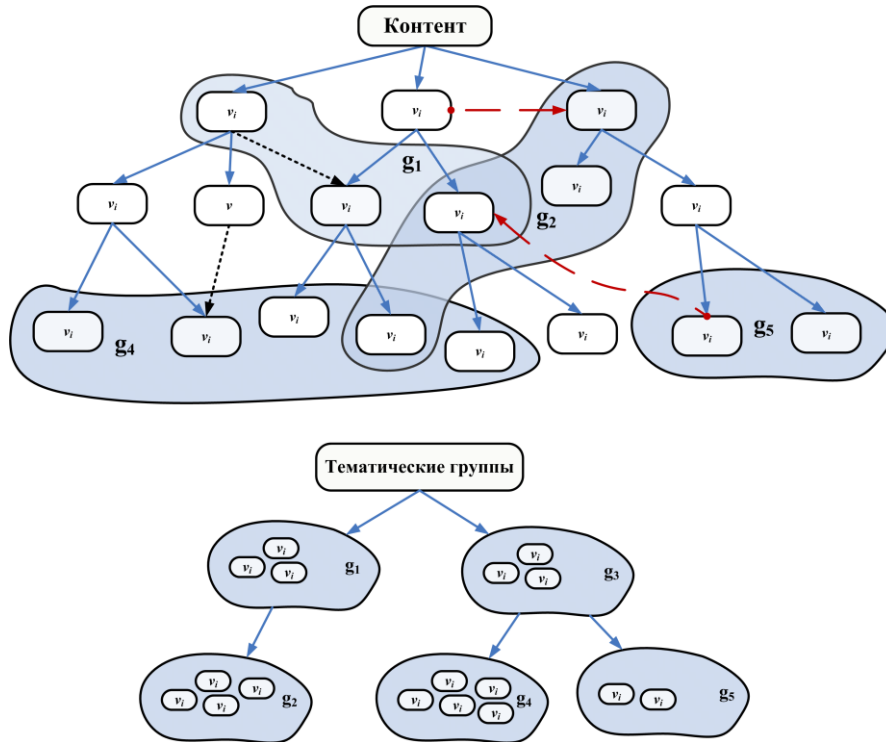
Для обеспечения иерархического представления больших объемов контента, поддержки междисциплинарных связей, тематической группировки и сортировки, поддержки повторного использования контента, а также для организации навигации по контенту Web-портала предлагается иерархически-сетевая объектно-ориентированная модель структуры информационно-учебного Web-контента [7]. Схематически модель контента изображена на рис. 3.

Элементы контента:  $V = \{v_i\}$ , где  $i = 1..n_v$ . Дочерние элементы:  $Ch: V \rightarrow 2^V$ . Родительские связи:  $F: V \rightarrow V$ . Оператор определения всех элементов-потомков:  $Desc(e)$ ,  $e \in V$ . Бинарные сетевые связи между элементами:  $N \subseteq V \times V$ . Типизация элементов контента:  $VTypes = \{item, list, block\}$ . Здесь *item* означает обычный элемент контента, *list* – список, *block* – семантический блок. Семантические роли или типы элементов контента задаются отношением:  $VType: V \rightarrow Vtypes$ .

Понятие семантического блока контента вводится с целью описания множества элементов контента, которые имеют логическое и структурное единство, имеют единый источник происхождения, например одно авторство, и представляют одну тему. Множество элементов семантического блока определяется оператором  $Desc(v)$ , где  $v$  – вершина блока в дереве контента,  $VType(v) = block$ . Отношение псевдонимов между элементами контента служит для повторного использования контента:  $A: V \rightarrow V$ . Говорим, что элемент  $v_k$  является псевдонимом элемента  $v_l$  в том случае, когда  $(v_k, v_l) \in A$ , при этом  $v_k$  играет роль получателя, а  $v_l$  – источника.

Для организации различных межпредметных и внутрипредметных связей между элементами контента, моделирования предметных областей, каталогизации, группировки и поиска ассоциативного контента предлагается использовать структуру

тематических групп. Множество групп:  $G = \{g_1, \dots, g_n\}$ . Дочерние группы:  $ChG: G \rightarrow 2^G$ . Родительские связи:  $FG: G \rightarrow G$ . Определение групп-потомков происходит с помощью оператора:  $DescG(g), g \in G$ . Определение потомков множества групп:  $DescGG(A) = \cup(DescG(g_i))$ , где  $g_i \in A, A \subseteq G$ . Оператор генеалогической линии группы  $g$ :  $AncG(g), g \in G$ . Генеалогическая линия множества групп  $A \subseteq G$ :  $AncGG(A) = \cup(AncG(g_i))$ , где  $g_i \in A, A \subseteq G$ .



**Рис.3. Схематическое изображение структурной модели Web-контента: дерево контента и дерево тематических групп**

Тематической группе соответствует набор элементов контента, которые входят в эту группу, что задается отображением:  $VG: G \rightarrow 2^V$ . Благодаря семантическим ролям элементов контента, заданным с помощью  $VType$ , множество контента, касающегося данной группы, автоматически расширяется, что реализуется благодаря разработанному оператору:

$$GV(v) = \{g: v \in VG(g) \vee (v \in Desc(v') \wedge v' \in VG(g) \wedge VType(v') = block) \vee (v \in Ch(v') \wedge v' \in VG(g) \wedge VType(v') = list)\}.$$

### Структурная модель профессиональных компетенций (МПК)

Для представления знаний о специальностях, профессиях и должностях предлагается структурная модель профессиональных компетенций (МПК) [8]. С помощью МПК описываются конкретные профессиональные компетенции (знания, навыки, умения), из совокупности которых формируется общее описание той или иной специальности (профессии), при этом устанавливается связь между компетенциями и соответствующим учебным контентом. Множество компетенций, описанных в системе:  $S = \{s_i, i = 1..n_s$ . Иерархия компетенций: дочерние компетенции



$ChS:S \rightarrow 2^S$ ; родительские связи  $FS:S \rightarrow S$ . Декомпозиция компетенции, т.е. множество всех потомков:  $DescS(s)$ ,  $s \in S$ . Для того, чтобы предоставить возможность организовать модель компетенций таким образом, чтобы одна компетенция могла стать основой не только для единственной родительской, но и для других компетенций высшего уровня, вводится отношение псевдонимов:  $AS:S \rightarrow S$ . Таким образом  $s=AS(s')$  представляет компетенцию-источник  $s$  для ее псевдонима  $s'$ . Связь компетенций с контентом:  $VS:S \rightarrow 2^V$ ;  $SV:V \rightarrow 2^S$ . Для поиска полного набора контента компетенции с учетом семантических ролей элементов контента, заданных их типизацией, разработан соответствующий оператор:

$$VatS(s) = \{v: v \in VS(s) \vee (v \in Desc(v') \wedge v' \in VS(s) \wedge VType(v') = block) \vee (v \in Ch(v') \wedge v' \in VS(s) \wedge VType(v') = list)\}.$$

С помощью компетенций предлагается строить *профиль специалиста*:  $Exp = \{exp_i\}$ . Связь между профилем специалиста и его компетенциями задается отображением:  $SExp: Exp \rightarrow 2^S$ .

С целью представления структурных основ и алгоритмов генерации и автоматизированного анализа тестов разработана модель контроля и диагностики знаний и состояния обучения (МКД), подробно описанная в работах [2,3,6].

Для реализации запроса к системе на образовательные услуги и инициализации индивидуального учебного процесса предлагается использовать модель образовательного запроса (МОЗ). Образовательный запрос  $Eq$  может задаваться с помощью различных элементов, среди которых следующие: 1) целевые компетенции или профиль специалиста:  $EqS \subseteq S$  или  $EqExp \subseteq Exp$ , 2) целевые учебные понятия:  $EqC \subseteq C$ ; 3) целевой контент или учебный курс:  $EqV \subseteq V$ ; 4) целевая тематическая группа или предметная область:  $EqG \subseteq G$ . Полное описание образовательного запроса имеет вид:

$$Eq = \{EqS, EqExp, EqC, EqV, EqG\}.$$

## Модель пользователя

Модель пользователя (МП) описывает цели обучения и уровень знаний пользователя системы. Множество пользователей в системе:  $L = \{l_i\}$ , где  $i = 1..n_L$ . Целевой профиль специалиста:  $LExpAims: L \rightarrow 2^{Exp}$ . Целевые компетенции ученика:  $LSAims: L \rightarrow 2^S$ . Целевой контент пользователя:  $LVAims: L \rightarrow 2^V$ . Целевые понятия ученика:  $LCAims: L \rightarrow 2^C$ . Целевые предметные области пользователя:  $LGAims: L \rightarrow 2^G$ . Таким образом, совокупные цели пользователя задаются множеством:

$$LAims = \{LExpAims, LSAims, LVAims, LCAims, LGAims\}.$$

## Подсистема автоматизированного построения индивидуальной учебной среды

Подсистема организации индивидуализированного обучения разработана для обеспечения обработки образовательного запроса и инициализации релевантного учебного процесса путем построения индивидуальной учебной среды (ИУС). В зависимости от целей пользователя и типа его образовательного запроса учебный процесс может принимать различные по целевому назначению и объему формы: 1) получение специальности:  $LExpAims(l_i) = EqExp$ ; 2) получение компетенции или адаптированной специальности:  $LSAims(l_i) = EqS$ ; 3) изучение индивидуального

учебного курса:  $LVAims(l_i)=EqV$ ; 4) исследование предметной области:  $LGAims(l_i)=EqG$ ; 5) изучение отдельного учебного понятия:  $LCAims(l_i)=EqC$ .

Генерация ИУС для получения специальности происходит на основе сведений о профиле специалиста. Полный набор компетенций, касающихся данного профиля, является декомпозицией профиля специалиста и определяется следующим образом:

$$SDExp(exp)=\{s \in S: s \in SExp(exp) \vee s \in DescS(a), \text{ где } a \in SExp(exp)\}.$$

Всю совокупность контента декомпозированного профиля специалиста будем называть *профильной областью контента* данного специалиста:  $VSDExp(exp)=\{v: v \in VatS(s), \text{ где } s \in SDExp(exp)\}.$

После получения совокупности контента  $V'=VSDExp(exp)$ ,  $V' \subseteq V$  декомпозиции профиля  $exp \in Exp$  для его иерархического структурирования применяются базовые отношения иерархичности между элементами контента  $F$  и  $Ch$ . В итоге получаем некоторую совокупность поддеревьев контента, которые могут рассматриваться в качестве *набора индивидуальных учебных курсов и модулей*. Оператор  $Roots(V')$  укажет на корни новообразованных поддеревьев.

Для решения задачи дидактического упорядочения полученных блоков контента разработан метод на основе отношений между понятиями онтологии с применением аппарата стэнфордской модели нечеткого вывода (рис.4).

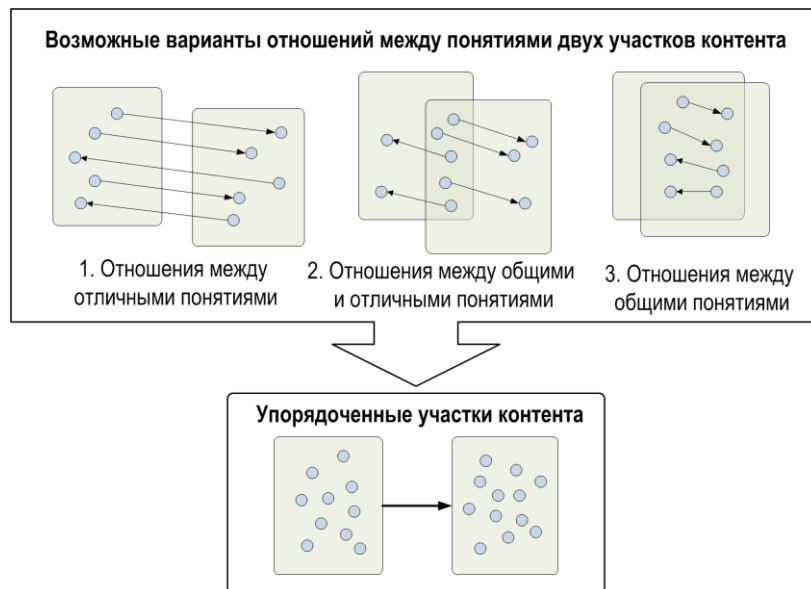


Рис. 4. Схематическое изображение задачи дидактического упорядочения контента

Этапы метода упорядочения индивидуального контента на основе онтологии и нечеткого вывода [9]:

1. Предварительный этап построения транзитивных связей между понятиями и формирование транзитивного замыкания графа онтологии, основанного на правиле:

$$concept\_before(c_k, c_l) \langle CF_{kl} \rangle \wedge concept\_before(c_l, c_m) \langle CF_{lm} \rangle \rightarrow \\ concept\_before(c_k, c_m) \langle CF_{kl} \times CF_{lm} \rangle$$

Задача решается на основе модифицированного алгоритма Флойда-Варшала, где в качестве весов ребер рассчитываются факторы уверенности в соответствии с представленным выше правилом транзитивности.

2. Поиск *целевых* и *фоновых* понятий каждого из участков контента  $V$  с помощью правил:

$$\begin{aligned} \exists t (CT(t) = c \wedge tClass(t) \neq tAttaching \wedge VT(t) \in V) &\rightarrow \\ &\rightarrow concept\_essential(c, V) \\ \forall t (CT(t) = c \wedge VT(t) \in V \wedge tClass(t) = tAttaching) &\rightarrow \\ &\rightarrow concept\_pre(c, V) \end{aligned}$$

3. Попарный анализ отношения следования между участками, на основе правил:

$$\begin{aligned} concept\_essential(c_k, V_k) \wedge concept\_pre(c_l, V_l) &\rightarrow \\ &\rightarrow content\_before(V_k, V_l) \langle CF_{es} \rangle \\ concept\_essential(c_k, V_k) \wedge c_l \in CVV(V_l) \wedge \\ concept\_before(c_k, c_l) &\rightarrow content\_before(V_k, V_l) \langle CF_g \rangle \end{aligned}$$

где  $CVV(V) = \{c : VC(c) \cap V \neq \emptyset\}$ .

4. Сортировка участков контента с помощью алгоритма топологической сортировки ациклического орграфа.

На основе предложенного комплекса моделей, методов и алгоритмов создано программное обеспечение системы автоматизированного управления контентом ИУП. Система функционирует на открытом учебном портале [znappua.org](http://znappua.org), который представляет учебные материалы по информационным технологиям, программированию и проектированию программного обеспечения. Предложенный программный комплекс может применяться для построения информационно-учебных Web-порталов по различным предметным областям с функцией индивидуализированного доступа пользователей к требуемым информационным ресурсам.

## Заключение

В работе решена задача построения комплекса моделей и методов и создания на их основе программного обеспечения онтологически-ориентированной системы управления информационно-учебным Web-контентом с функцией индивидуализированного доступа пользователей к требуемой профессионально-учебной информации в рамках информационного Web-портала.

Разработана иерархически-сетевая объектно-ориентированная модель представления данных и знаний, представленных в Web-контенте, что обеспечило основу для информационной структуры разрабатываемой программной системы и предоставило комплексное решение задач репрезентации больших объемов многопредметной информации, организации междисциплинарных связей, моделирования предметных областей, представления структуры профессиональных компетенций и организации навигации в информационном Web-портале.

Разработана модель формализации понятийной составляющей контента информационно-учебной Web-системы, что обеспечило основу для метода автоматического построения онтологии предметной области и метода автоматизированного построения тестовых заданий.

Предложен метод автоматического построения онтологии предметной области для информационно-учебных Web-систем на основе стэнфордской модели нечеткого вывода. Суть метода заключается в автоматическом определении семантических отношений между структурными элементами формализованного контента на базе аппарата нечеткого вывода.

На основе онтологического подхода и нечеткой логики разработан метод автоматического построения индивидуальной междисциплинарной Web-среды

обучения. Разработанный метод обеспечил основу для программной реализации подсистемы индивидуализированного доступа пользователей Web-порталов к требуемым информационно-учебным ресурсам.

Разработана прикладная программная система управления контентом с расширенным инструментарием автоматизированного построения информационно-учебных Web-порталов, содержащая программные средства создания междисциплинарной базы контента учебного и профессионального назначения, средства автоматического построения и отображения онтологии предметной области, инструментарий для автоматического построения тестовых заданий, а также средства построения индивидуальной информационно-учебной среды. Текущие исследования и публикации представлены на сайте [www.setlab.net](http://www.setlab.net).

## Литература

1. Богданова, И. Ф. Непрерывное образование в эпоху перехода к информационному обществу / И. Ф. Богданова // Актуальные проблемы бизнес - образования. Тезисы докладов третьей Международной конференции, Минск 2004. – С. 35-39.
2. Гагарин, А. А. Организация дистанционного обучения как информационный фактор реализации научно-технологической составляющей экономической безопасности государства / А. А. Гагарин, А. Н. Луценко, С. В. Титенко // Экономическая безопасность государства и информационные технологии в ее обеспечении / под общ. ред. Г.К. Вороновского, И.В. Недина – К.:Знания Украины, 2005, стр. 608-619.
3. Титенко, С. В. Семантична модель знань для цілей організації контролю знань у навчальній системі / С. В. Титенко, О. О. Гагарін // Сборник трудов международной конференции «Интеллектуальный анализ информации-2006». – Київ: Просвіта, 2006. – С. 298-307.
4. Buchanan B. G., Shortliffe E. H. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. – MA: Addison-Wesley, 1984. – 769 p.
5. Титенко, С. В. Побудова дидактичної онтології на основі аналізу елементів понятійно-тезисної моделі / С. В. Титенко // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2010. – № 1(69). – С. 82-87.
6. Титенко, С. В. Генерація тестових завдань у системі дистанційного навчання на основі моделі формалізації дидактичного тексту / С. В. Титенко // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2009. – № 1(63). – С. 47-57.
7. Титенко, С. В. Модель навчального Web-контенту Tree-Net як основа для інтеграції керування знаннями і безперервним навчанням / С. В. Титенко, О. О. Гагарін // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2009. — № 1. — С. 74-86.
8. Титенко, С. В. Генерація індивідуального навчального середовища на основі моделі професійних компетенцій у Web-системі безперервного навчання / С. В. Титенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля – 2009. – №1 (131). Ч.2. – С. 267-273.
9. Титенко С. В. Побудова індивідуального навчального середовища в міждисциплінарному Web-порталі на основі онтології предметної області / С. В. Титенко // XI міжнародная научная конференция имени Т. А. Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2011», Киев, 17-20 мая 2011 г.: сб. тр./ ред. кол.: гл. ред. С. В. Сирота. – К.: Просвіта, 2011. – С. 56-61.