

С.В. Титенко

Структурные основы онтологически-ориентированной системы управления информационно-учебным Web-контентом

Предложен комплекс моделей и методов управления Web-контентом информационно-учебных порталов, основные из которых – 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 и метод построения индивидуальной образовательной Web-среды.

A set of models and methods for Web-content management of information and educational portals is presented. The main of them are an object-oriented hierarchical-network model of the content, a concept-thesis model for formalization of the content meaning, a model of professional competences, a method of automatic construction of the ontology based on the Stanford fuzzy inference model and the method of constructing the individual educational Web-environment.

Запропоновано комплекс моделей і методів керування Web-контентом інформаційно-навчальних порталів, основними з яких є об'єктно-орієнтована ієрархічно-мережева модель контенту, понятійно-тезисна модель формалізації смислу контенту, модель професійних компетенцій, метод автоматичної побудови онтології на основі стенфордської моделі нечіткого виведення і метод побудови індивідуального освітнього Web-середовища.

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 тратит 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 проблемой 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 и продолжают в дальнейшем. Технологии построения информационно-учебных Web-порталов и систем дистанционного образования имеют потенциал ответить на такой об-

щественный вызов, предоставив удобные механизмы доступа пользователей к требуемой профессиональной информации и обеспечив поддержку индивидуализированного обучения.

Сегодня существует достаточное количество программных систем для организации дистанционного обучения, среди них *Blackboard*, *WebCt*, *Moodle*, *IBM LearningSpace* 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 обес-

* **Ключевые слова:** образовательные Web-системы, моделирование знаний, онтология предметной области, Web-контент, стэнфордская модель нечеткого вывода, генерация индивидуальной образовательной среды, генерация тестовых заданий.

печения, 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., Манак 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

Цель статьи – разработка структурных основ программного обеспечения системы автоматизированного управления информационно-учебным *Web*-контентом, позволяющим 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 пользо-

вателей 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 к ним

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:

- определение образовательных потребностей и целей пользователя;

- определение уже имеющихся у пользователя знаний и навыков, соответствующих целям обучения;

- построение и адаптивная поддержка релевантного учебного процесса на основе сведений полученных на первом и втором 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 за-

крытости 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).

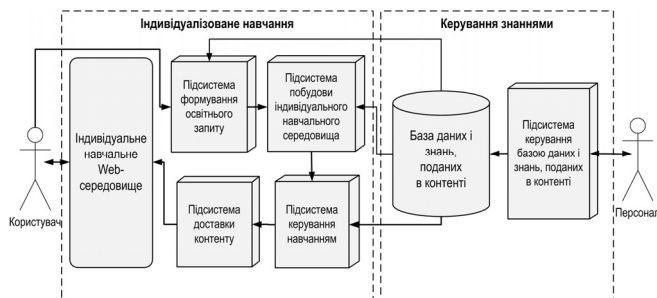


Рис. 1. Концептуальная схема программной системы управления контентом ИУП

Ключевыми задачами в процессе создания такой программной системы есть 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, выражающее знания языком комму-

никации 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:

- информационное наполнение;
- онтологию предметной области;
- 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 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 необходимых компонентов учебного процесса. Функциональность системы на уровне организации индивидуализированного обучения целиком основана на знаниях, заложенных в систему на уровне управления знаниями.

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 есть *понятие*, предмет обсуждения, некоторый объект из предметной области, о котором в учебном материале есть знания. *Теза* – это некоторое сведение или утверж-

дение 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 есть одно или несколько предложений, 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, т.е. 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 $concept_before(A, B)$ понимаем отношение, указывающее 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:

$$c_k \in CinC(c_l) \rightarrow concept_before(c_k, c_l) \langle CFCinc \rangle.$$

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

$$t \in TC(c_j) \wedge c_k \in CinT(t) \wedge TClass(t) > 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow concept_before(c_k, c_j) \langle TClassCF(TClass(t)) \rangle.$$

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:

$$t \in TC(c_l) \wedge c_k \in CinT(t) \wedge TClassCF(TClass(t)) < 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow concept_before(c_l, c_k) \langle -TClassCF(TClass(t)) \rangle.$$

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:

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

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

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* [6]. Схематически модель контента видна из рис. 3.

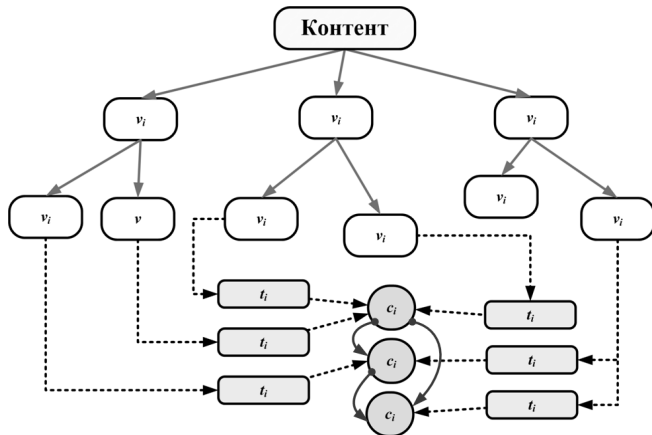


Рис. 2. Структурная схема ПТМ и связь с контентом

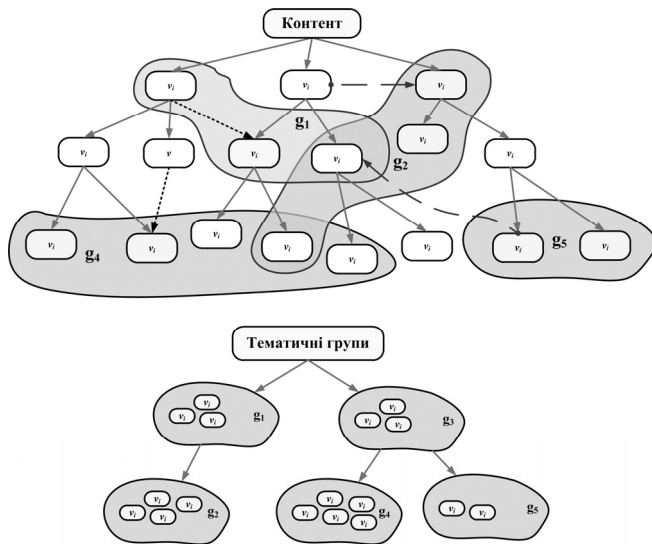


Рис. 3. Схематическое изображение структурной модели Web-контента: дерево контента и дерево тематических групп

Элементы контента: $V = \{v_{ij}\}$, 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: $N_{\mathcal{F}} \times V$. 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, имеющих логическое и структурное единство, 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 внутриспредметных связей между элементами контента, моделирования предметных областей, каталогизации, группировки и поиска ассоциативного контента предлагается использовать структуру тематических групп. Множество групп: $G = \{g_1, \dots, g_nG\}$. 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 $g_i \in A$, $A \subseteq G$.

Тематической группе соответствует набор элементов контента, входящих 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:

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

Для представления знаний о специальностях, профессиях и должностях предлагается *структурная модель профессиональных компетенций (МПК)* [7]. 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:

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

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, 8].

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:

- целевые компетенции или профиль специалиста: $EqS \subseteq S$ или $EqExp \subseteq Exp$;
- целевые учебные понятия: $EqC \subseteq C$;
- целевой контент или учебный курс: $EqV \subseteq V$;
- целевая тематическая группа или предметная область: $EqG \subseteq G$. Полное описание образовательного запроса имеет вид:

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

Модель пользователя (МП) описывает цели обучения и уровень знаний пользователя системы. Множество пользователей в системе: $L = \{l_i\}$, где $i = 1 \dots n_L$. Целевой профиль специ-

алиста: $LExpAims: L \rightarrow 2^{Exp}$. 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 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:

- получение специальности: $LExpAims(l_i) = EqExp$;
- получение компетенции или адаптированной специальности: $LSAims(l_i) = EqS$;
- изучение индивидуального учебного курса: $LVAims(l_i) = EqV$;
- исследование предметной области: $LGAims(l_i) = EqG$;
- 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 назовем *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).

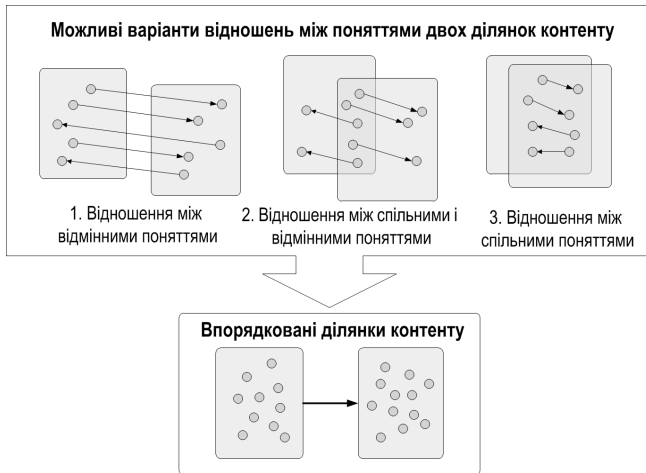


Рис. 4. Схематическое изображение задачи дидактического упорядочения контента

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

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

$$\begin{aligned} &concept_before(c_k, c_l) <CF_{kl}> \wedge concept_before(c_l, c_m) <CF_{lm}> \rightarrow \\ &\rightarrow concept_before(c_k, c_m) <CF_{kl} \times CF_{lm}>. \end{aligned}$$

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

- Поиск *целевых* и *фоновых* понятий каждого из участков контента V с помощью правил:

$$\begin{aligned} \exists t(CT(t) = c \wedge t \text{ Class}(t) \neq t \text{ Attaching} \wedge VT(t) \in V) \rightarrow \\ \rightarrow concept_essential(c, V), \end{aligned}$$

$$\forall t(CT(t) = c \wedge VT(t) \in V \wedge t \text{ Class}(t) = t \text{ Attaching}) \rightarrow$$

$$\rightarrow concept_pre(c, V).$$

- Парный анализ отношения следования между участками на основе правил:

$$\begin{aligned} &concept_essential(c_k, V_k) \wedge concept_pre(c_k, V_l) \rightarrow \\ &\rightarrow concept_before(V_k, V_l) <CF_{es}>, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &concept_essential(c_k, V_k) \wedge c_l \in CVV(V_l) \wedge \\ &\wedge concept_before(c_k, c_l) \rightarrow concept_before(V_k, V_l) <CF_g>, \end{aligned}$$

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

- 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 *znan-nya.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. 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.

Разработан комплекс моделей и методов управления информационно-учебным *Web*-контентом на основе онтологического подхода, что соответствует сформулированным требованиям и обеспечивает структурно-алгоритмические основы программных средств индивидуализированного доступа пользователей к требуемым междисциплинарным ресурсам информационных *Web*-порталов.

Разработана иерархически-сетевая объектно-ориентированная модель представления дан-

ных 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 позволило программно реализовать средства автоматизированного построения тестовых заданий, создания гипермедийного справочника по предметной области обучения и обеспечило основу для метода автоматического построения онтологии предметной области.

Предложен метод автоматизированного 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, что позволило построить программный модуль предметной формализации контента и модуль автоматизированного создания и обработки онтологии для системы управления информационно-учебным *Web*-контентом.

На основе онтологического подхода и нечеткой логики разработан метод автоматического построения индивидуальной междисциплинарной *Web*-среды обучения. Разработанный метод позволил программно реализовать подсистему 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, средства построения индивидуальной информационно-учебной среды и средства автоматизированного построения тестовых заданий.

1. Богданова И.Ф. Непрерывное образование в эпоху перехода к информационному обществу // Актуальные проблемы бизнес образования. Тез. докл. Третьей междунар. конф., Минск 2004. – С. 35–39.
2. Гагарин А.А., Луценко А.Н., Титенко С.В. Организация дистанционного обучения как информационный фактор реализации научно-технологической составляющей экономической безопасности государства // Экономическая безопасность государства и информационные технологии в ее обеспечении. – К.: Знання України, 2005. – С. 608–619.
3. Титенко С.В., Гагарин О.О. Семантична модель знань для цілей організації контролю знань у навчальній системі // Сб. тр. междунар. конф. «Интеллектуальный анализ информации – 2006». – К.: 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 // Наук. вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 1(69). – С. 82–87.
6. Титенко С.В., Гагарин О.О. Модель навчального *Web*-контенту *Tree-Net* як основа для інтеграції керування знаннями і безперервним навчанням // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – № 1. – С. 74–86.
7. Титенко С.В. Генерація індивідуального навчального середовища на основі моделі професійних компетенцій у *Web*-системі безперервного навчання // Вісн. Східноукраїнського національного ун-ту імені Володимира Даля – 2009. – № 1 (131). Ч. 2. – С. 267–273.
8. Титенко С.В. Генерація тестових завдань у системі дистанційного навчання на основі моделі формалізації дидактичного тексту // Наук. вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 1(63). – С. 47–57.
9. Титенко С.В. Побудова індивідуального навчального середовища в міждисциплінарному *Web*-порталі на основі онтології предметної області // Сб. тр. XI междунар. науч. конф. имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2011», Киев, 17–20 мая 2011 г.: Сб. тр. – К.: Просвіта, 2011. – С. 56–61.

E-mail: lab@setlab.net
© С.В. Титенко, 2012