

УДК 004.89:614.841.4

*В.М. Юрченко, К.М. Юрченко, канд. техн. наук
(Черкаський інститут пожежної безпеки)*

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ ПРИ ПІДГОТОВЦІ РЯТУВАЛЬНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЇ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ

У зв'язку з поширенням дистанційної освіти виникає необхідність розробки і використання засобів автоматизованого навчання і контролю знань. При цьому головну увагу звертають на особливості розробки програмного забезпечення, а проблеми оптимізації структури навчального матеріалу, а також розробки методології тестування знань і методів її верифікації залишаються осторонь.

Запропоновано новий підхід до розробки автоматизованих систем контролю знань, заснований на онтологіях предметних областей, якими в даному випадку є навчальні курси. Формування онтології та логічної схеми контролю знань дозволяє структурувати навчальний матеріал, визначити теми і питання, які становлять труднощі для курсантів (студентів), а також розробити програмну оболонку для уніфікованого формування систем контролю знань з різних навчальних курсів.

Ключові слова: онтологія, логічна схема контролю знань, експертна система, автоматизовані системи навчання та контролю знань, адаптивність, особа, що навчається.

В.Н. Юрченко, К.Н. Юрченко

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПАСАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИИ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

В связи с распространением дистанционного образования возникает необходимость разработки и использования средств автоматизированного обучения и контроля знаний. При этом главное внимание обращают на особенности разработки программного обеспечения, а проблемы оптимизации структуры учебного материала, а также разработки методологии тестирования знаний и методов ее верификации остаются в стороне.

В статье предложен новый подход к разработке автоматизированных систем контроля знаний, основанный на онтологиях предметных областей, которыми в данном случае являются учебные курсы. Формирование онтологии и логической схемы контроля знаний позволяет структурировать учебный материал, определить темы и вопросы, которые представляют трудности для курсантов (студентов), а также разработать программную оболочку для унифицированного формирования систем контроля знаний из различных учебных курсов.

Ключевые слова: онтология, логическая схема контроля знаний, экспертная система, автоматизированные системы обучения и контроля знаний, адаптивность, обучаемый.

V.M. Yurchenko, K.M. Yurchenko

THE MANAGEMENT OF THE PROCESS OF EVALUATION OF KNOWLEDGES DURING THE PREPARATION OF RESCUERS WITH THE USAGE OF ONTOLOGIES OF TRAINING COURSES

In connection with the expansion of distance education there is a necessity of the development and use of computer-aided learning and knowledge control. The main attention is paid to the peculiarities of software development and the problems of optimization of the educational material structure, and the development of a methodology of knowledge testing and methods of verification remain on the sidelines.

This article proposes a new approach to the development of automated control systems of knowledge based on ontology of subject areas, which in this case are the training courses. The formation of ontology and logic scheme of control of knowledge allows structuring the learning material, to identify topics and issues that represent challenges for the cadets (students), as well as to develop a software wrapper for uniform formation of control systems of knowledge of various training courses.

Keywords: ontology, logic scheme of control of knowledge, expert system, automated system of learning and knowledge control, adaptability, the learner.

Вступ. Однією з технологій, яка дає змогу ефективно обробляти інформацію на основі знань, є використання онтологій [1]. Поняття онтології, запозичене з філософії, в останні роки активно використовується в інформатиці. Одні дослідники розглядають онтологію як концептуальну семантичну сутність, інші - як спеціальний семантичний об'єкт.

Головну увагу в релевантних численних публікаціях зосереджено в областях, пов'язаних з інформаційним пошуком, рішенням завдань формалізації, структуризації та класифікації розрізненого матеріалу. Стрімкий розвиток глобальної світової мережі Інтернет створило передумови для розробки, функціонування та розвитку дистанційно віддалених програмних систем, що базуються на використанні онтологій.

Постановка проблеми. Таким чином, створенню ефективної експертної системи (ЕС) має передувати формування онтології предметної області (рис.1). У свою чергу, це стає можливим за умови існування бази даних, що містить всю необхідну інформацію про об'єкт або процес. Майбутній користувач такої системи (замовник) визначає набір та структуру правил, а експерт визначає відповідну онтологію, створюючи тим самим фіксовану ієрархічну систему виводу. Для того, щоб мати можливість масштабування ЕС необхідно також створити онтології засобів подання вхідної та вихідної інформації, а також програмних елементів.

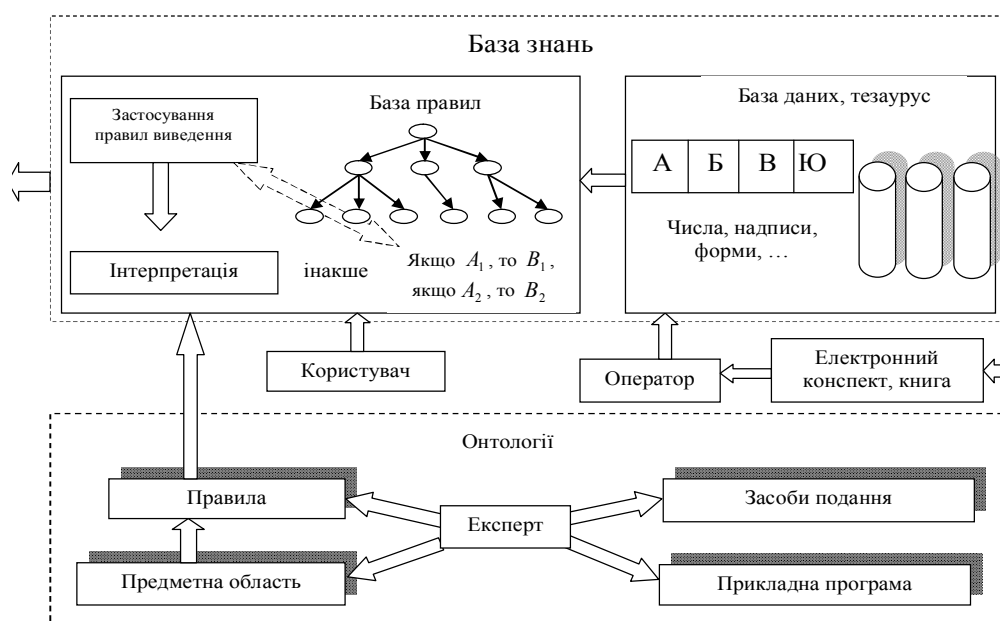


Рис. 1. Структурна схема експертної системи на базі онтології

Взаємодія експерта, аналітика і оператора відбувається через спілкування. При цьому виникає ряд лінгвістичних проблем і завдань, до яких віднесемо:

– S_1 – формування загального словника спілкування, де однакові об'єкти ідентифікуються однаковими іменами, як для аналітика, так і для експерта. Словник включає загальнонаукові терміни, спеціальні поняття, професійні неологізми;

- S_2 – формування понятійних структур, які відповідають наявним асоціативним і семантичним зв'язкам, і є ієрархічними складовими частинами онтології;
- S_3 – розробка словника, який дасть змогу створювати дружній інтерфейс для роботи експерта (користувача).

Вирішення вищезазначених завдань зводиться, в основному, до оцінки семантичних зв'язків, структурування елементної бази і є передумовою ефективною розробки ЕС, їх використання і подальшої модифікації.

У сучасному світі інформаційних технологій онтології - формальні явні описи термінів предметних областей і відносин між ними.

Онтології створюються для того, щоб [2]:

- програмні агенти розуміли структуру інформації;
- існувала можливість повторного використання знань в предметній області;
- зробити припущення предметної області явними;
- відокремити знання в предметній області від оперативних знань;
- аналізувати знання в предметній області.

Аналіз останніх досліджень. Наукові роботи, присвячені онтологіям, діляться на два класи: до першого класу відносяться роботи з проблематики розробки онтологій і їх удосконалення, другий клас визначається завданнями їх застосування.

Аналіз спектра наукових джерел дозволяє стверджувати, що необхідність розробки онтологій визначається втратами часу на пошук необхідної інформації; інкапсуляцією цінної інформації; повторюваністю помилок через недостатню інформованість та ігнорування попереднього досвіду. Виконання онтологічного інжинірингу дає змогу досягнути властивостей системності, інформаційної єдності і науковості, що є необхідною умовою розробки і використання ефективних ЕС.

Ідея використання онтологій при вирішенні різних інтелектуальних завдань не є новою. Аналіз лише публікацій і доповідей XII-ї міжнародної конференції "Knowledge-Dialogue-Solution", яка відбулася в червні 2006 року у Варні, показав значний інтерес науковців до розробки і застосування онтологій при розв'язанні багатьох прикладних задач.

Як показує аналіз першоджерел, практичні напрями застосування онтологій є різноманітними: від розробки інтерфейсу програмних систем до генерації тексту програм на основі онтологій [3]. У розглянутих роботах обгрунтовано перспективність двох основних напрямків застосування онтологій в практичних додатках. Один з них пов'язаний з оптимізацією інформаційного пошуку, інше з підвищенням ефективності процесу набуття знань. Деяка обмеженість у вирішенні проблеми контролю знань у цих роботах і актуальність розробки систем дистанційного контролю знань свідчать на користь створення автоматизованих систем, що базуються на структурованому представленні навчального матеріалу, класифікації питань, визначенні їх повноти.

Підводячи підсумок аналізу наукових джерел, відзначимо зростання загальної кількості публікацій онтологічного спектра, що свідчить про його актуальність. Важливими напрямками застосування онтологій є ЕС, в яких реалізуються процедури семантичного пошуку, розробки деревоподібних структур понять і відносин між ними.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Постановка задачі та її розв'язання

Предметом нашого дослідження є процес навчання і контролю знань за допомогою ЕС. У зв'язку з поширенням дистанційної освіти, а також іншими факторами виникає необхідність розробки і використання засобів автоматизованого навчання і контролю знань. При цьому головну увагу звертають на особливості розробки програмного забезпечення, а проблеми оптимізації структури навчального матеріалу, а також розробки методології тестування знань і методів її верифікації залишаються осторонь.

Очевидно, що в переважній більшості випадків контроль знань сильно суб'єктивізований як за формою проведення, так і за змістом. Його об'єктивізація може бути досягнута і досягається в певному обсязі, за допомогою використання автоматизованих систем. Однак при традиційному підході не гарантується повнота охоплення навчального матеріалу, якість його подання для контролю знань, крім того час проведення контролю знань не є оптимізованим, а сам процес оцінювання супроводжується інформаційною надлишковістю.

Сучасні системи АСНКЗ, на нашу думку, можна розділити на дві категорії за способом реалізації:

- без використання онтологій;
- з використанням онтологій.

У свою чергу, в основному, системи з першої категорії базуються на таких основних ідеях і підходах до оцінювання знань:

- запитання мають вид тестів, з двома варіантами відповідей; запитання задаються в певній чи випадковій послідовності; оцінка визначається як відношення кількості правильних відповідей до кількості всіх питань;
- запитання мають вид тестів; запитання задаються у випадковому порядку, але випадковість визначається вірогідністю актуальності того чи іншого запитання (під актуальністю розуміють наявність або відсутність зв'язку між цим і попереднім запитаннями, складність запитання тощо); загальна оцінка визначається як функція від правильності відповідей на "зважені" запитання;
- запитання класифіковані за типами; вони задаються випадковим чином, але обов'язково вказана кількість питань певного типу; для кожного типу питань існують процедури оцінювання правильності відповіді і загальна оцінка є інтегральним показником.

Онтології в навчальному процесі використовуються поки що рідко, що пов'язане з великою трудомісткістю процесу їх формування і процедурою використання для тестування. Відомі підходи з використанням елементів онтологій:

- особа, що навчається (ОН) складає із запитань цілісну картину предмета із зазначенням концептів та відносин між ними;
- на кожному кроці ОН пропонується кілька питань, з яких вона вибирає одне, найбільш, на його погляд, приватне, і на нього відповідає, після чого переходить до більш загального.

Значна кількість робіт присвячена проблемі використання онтологій в електронному навчанні, їх огляд наведено в [4]. Аналіз релевантних публікацій свідчить про те, що ідея застосування онтологій у навчальному процесі зосереджена на підвищенні якості навчання та технології контролю знань з використанням онтології предметної області і знаходиться в ініціальній стадії розробки. Один з методів контролю знань на базі онтології полягає у тому, що оцінювання результатів тестування відбувається залежно від того, наскільки досягнута мета контролю знань, тобто правильно побудований логічний ланцюжок питань і чи відповідає він онтології.

Розглянуті варіанти побудови ЕС не володіють властивостями повноти подання та контролю знань навчального матеріалу, мають інформаційну надлишковість і не оптимізовані за критерієм мінімізації часу проведення контролю знань. Більшість цих недоліків відсутні в ЕС, які базуються на використанні композиції логічної схеми навчального курсу і онтології предметної області, запропонованої в роботі [5].

Розглянемо технологію оптимізації роботи експертної підсистеми оцінювання знань у АСНКЗ. Її ефективне застосування можливе за умови знання і використання принципів проведення технологічного контролю знань і здійснення управління процесом такого контролю з застосуванням в якості інформаційного базису онтології предметної області. В якості основної конструкції АСНКЗ використовуємо онтології предметних областей (навчальних курсів) як базис, який дасть змогу визначити структуру процесу тестування, а також забезпечити його повноту і верифікованість. Згідно з онтологією необхідно розробляти логічну схему контролю знань.

Онтології предметних областей виступають в якості системних ресурсів для проектування і функціонування систем контролю знань. На сьогодні вони практично відсутні, що пов'язане, насамперед, зі складністю їх формування. Зауважимо, що існування онтології – необхідна умова створення ефективних систем контролю знань. Одним з можливих способів побудови онтології є використання електронних конспектів і визначення на їх базі основних концептів курсу, встановлення відносин між ними та розробка відповідної інтерпретації концептів та відносин.

Для розробки онтології використовують два підходи: низхідний і висхідний. При низхідному підході на вищому (початковому) рівні знаходяться елементарні одиниці. Застосовуючи висхідний підхід, на нижньому рівні розміщують основні метапоняття курсу, які з тими чи іншими атрибутами багаторазово присутні в навчальному матеріалі. Припускаючи, що онтологія побудована, визначимо складові завдання управління процесом контролю знань:

- сформулювати базу запитань і можливих відповідей з урахуванням особливостей побудованої онтології, при цьому типи відповідей визначаються структурою питань; визначити мінімально та максимально можливу кількість запитань, які будуть задані одній особі;
- розробити алгоритм проходження контролю знань (логічну схему контролю знань) ОН;
- визначити процедуру оцінювання знань.

Виклад основного матеріалу.

Відомо, що онтологія для навчального процесу – це структурна специфікація предметної області (навчального курсу), її формалізоване подання, яке включає словник показчиків на поняття галузі і логічні зв'язки, які описують, як вони співвідносяться один з одним. Таким чином, онтології включають в себе словник для представлення та обміну знаннями досліджуваної предметної області та безліч зв'язків, установлених між термінами цього словника.

Як вже зазначено вище, розрізняють формування онтології на базі цілей і даних. Розглянемо формування онтології предметної області, якою є навчальна дисципліна, на базі цілей (рис. 2).

Мета вивчення курсу, як правило, наведена в робочій програмі. Досягнути її можна вивченням ряду тем ($T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{in}$), кожна з яких, у свою чергу, декомпозиється на запитання

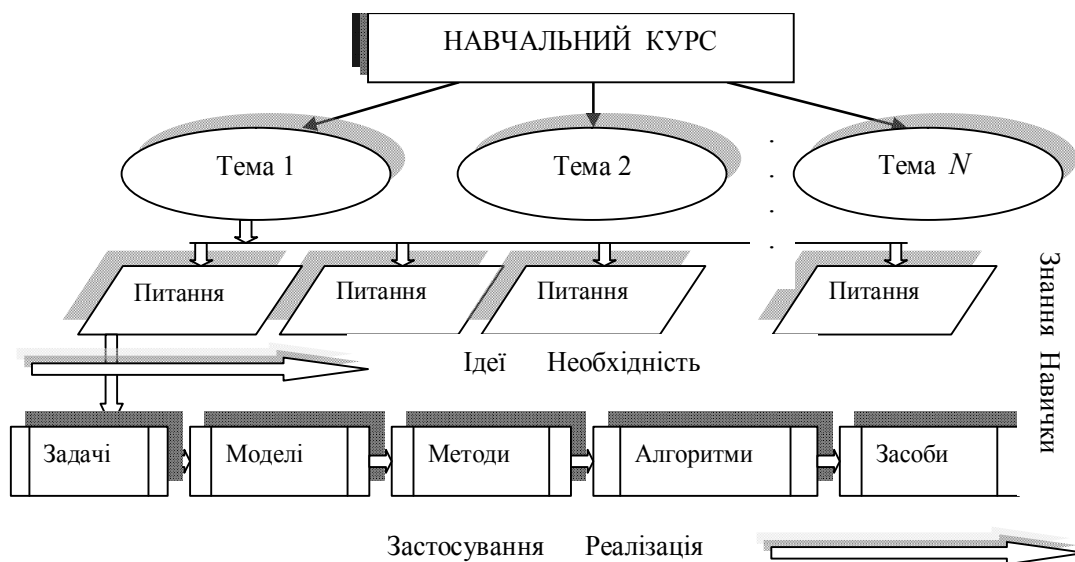


Рис. 2. Онтологія предметної області на основі цілей

$(P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{ik})$, де i – номер теми, k – номер запитання в темі, $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, i_m}$, i_m – кількість запитань в i -й темі. Розгляд кожного питання, наприклад, в напрямку комп'ютерних наук включає в себе п'ятірку складових:

$$P = \langle Z, Mo, Me, A, S \rangle, \quad (1)$$

де Z – множина задач, Mo – моделі, Me – методи, A – алгоритми, S – засоби. П'ятірка (1) також неявно відображає перетворення знань на навички.

Побудова такої онтології допомагає чітко уявити структуру курсу, місце і роль того чи іншого поняття в загальній схемі зв'язків між його складовими. Разом з тим, така семантична сукупність значною мірою є суб'єктивізованою і відображає лише один погляд на структуру і наповнення ЕС.

Інший підхід, пов'язаний з використанням обчислювальної техніки, базується на аналізі електронних джерел, використовуваних для вивчення предметної області, взагалі, і дисципліни, зокрема. Для ілюстрації такого підходу розглянемо в якості предметної області всі навчальні дисципліни за напрямом "Комп'ютерні науки" (рис. 3).

Раніше вже було зазначено, що в першу чергу необхідно порахувати частоту вживання окремих слів-іменників предметної області. Неважко припустити, що такими словами будуть назви напрямів, за якими здійснюється підготовка курсантів (студентів): математика, програмування, інформатика, інтелект, моделювання, системи, технології та управління. При побудові семантичної мережі ці поняття будуть кореневими вершинами. На другому кроці підраховується частота вживання вже двох слів, перше з яких встановлено на першому кроці. Для кожного елемента, встановленого на першому кроці, визначаємо пару найбільш уживаних визначальних слів. Цей процес продовжуємо і отримуємо граф. В певний момент будуть виявлені вершини, які є загальними для ребер з різних напрямків. Мережа, отримана таким чином, буде мати пірамідальну структуру [6].

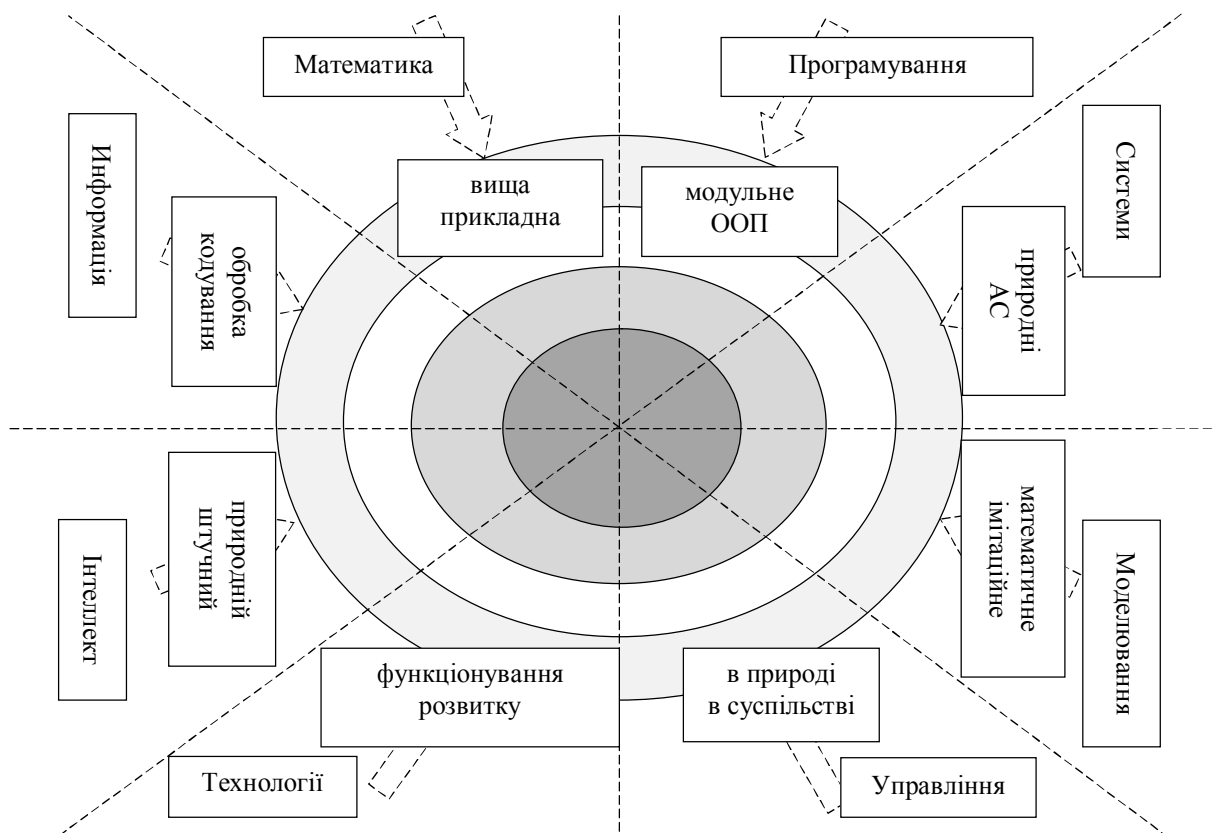


Рис. 3. Можливі складові конструкції онтології

Побудована таким чином онтологія на базі даних дасть змогу створювати ефективні ЕС для контролю знань курсантів (студентів), оскільки певна ієрархія понять у поєднанні з алгоритмічною складовою виключає процедури надлишкового тестування і збільшує його інформативність.

Наступним кроком у дослідженні процесу розробки ЕС на базі онтологій є встановлення семантичних зв'язків між її елементами, структурними частинами ЕС і продукуванням висновків.

Продовжимо рішення задачі оптимізації процесу контролю знань. Розглянемо концепцію розробки ЕС, яка буде базуватися на композиційному використанні онтології предметної області, логічної схеми контролю знань і технології оцінювання.

Ідея використання онтологій у навчальному процесі існує у середовищі викладачів і фахівців з інформаційних технологій вже не перший рік. Разом з тим, відомих прикладів її реалізації не спостерігається. Очевидно, що причинами такого стану є недостатня увага до структурованості навчального матеріалу, складність формування логічних схем навчальних курсів, трудомісткість процесу алгоритмізації та програмування. У [7] висловлено думку, що онтології в навчальному процесі могли б бути використані для побудови навчальних баз знань і тестувальних систем, здатних самостійно формулювати питання.

Принципи і перші кроки до створення автоматизованих систем контролю знань на базі онтологій запропоновані в [8]. Аналіз досліджень просторами знань в середовищі Інтернет з розглядом алгоритмічних і програмних засобів виконано в [9].

Теоретичні дослідження та зростаюча світова наукова активність в області застосування онтологій у навчальному процесі свідчить про актуальність і важливість проблеми, оскільки її рішення дає змогу оптимізувати викладання, самостійне вивчення і контроль знань ОН. Системи, в яких будуть інтегровані онтології та процедури оцінювання, можуть використовуватися і для оцінки компетентності експертів, перспективності інвестицій, проведення експертиз і т.п. Їх застосування супроводжує і активізує процес вивчення і розуміння навчального матеріалу завдяки його структуризації за схемою <від цілей до засобів> і формалізації його проміжних етапів.

Висновки

Експонентний ріст інформації у світі свідчить про необхідність розробки додатків, спрямованих на її систематизацію, класифікацію і розробку ієрархій [10]. Розв'язання деяких таких задач дасть змогу зробити ефективнішим процес продукування знань з даних, прогнозування і, як наслідок, більш успішним перехід до суспільства, що базується на знаннях.

У статті запропоновано новий підхід до розробки автоматизованих систем контролю знань, заснований на онтологіях предметних областей, якими в даному випадку є навчальні курси. Для процесу контролю знань характерна значна суб'єктивність, зменшити яку прагнуть багато викладачів і кандидатів. Необхідно відзначити, що такі процеси є різноаспектними, напрями їх дослідження базуються на різних концептуальних парадигмах. Автоматизація процесу оцінювання до певної міри дозволяє здійснювати об'єктивізацію процесу оцінювання. Разом з тим, втрачається повнота охоплення навчального матеріалу і різноманітність, що виражається в семантичній сутності поставлених запитань. Контроль знань в більшості випадків не оптимізований за часом проведення і смисловою навантаженістю запитань.

Усунути вказані недоліки дає змогу розроблювана авторами концепція використання онтологій при реалізації процесів контролю знань. Ідеї і принципи, що лежать в її основі, вказують на композицію чотирьох складових. Перша з них – логічна схема навчального курсу, яка є базовим елементом при визначенні послідовності питань. Друга – онтологія предметної області, призначена для формування логічної схеми контролю знань і складових її запитань. Класифікація запитань, яка передбачає формалізацію запитань залежно від типу відповідей, утворює третю складову. На останньому етапі використовується процедура визначення проміжних та інтегральної оцінок екзаменованих.

Інтеграція зазначених елементів дає змогу структурувати навчальний матеріал; виконати досить повне його подання; переривати контроль знань залежно від умов, які визначаються викладачем; мінімізувати інформаційну надмірність і час тестування.

Перспективи подальших досліджень

Процес створення онтологій навчальних курсів є досить трудомісткою процедурою, крім цього існує ще проблема алгоритмізації процесу контролю знань, оскільки існує багато способів подання вихідної інформації та підходів до проведення контролю знань.

Подальшою його об'єктивізацією служить використання різномісних алгоритмів оцінки відповідей. Для їх реалізації перспективною є розробка методів оцінювання знань курсантів (студентів) за нечіткою шкалою, що передбачає оцінку на відрізок $[0, 1]$, на відміну від традиційного тестування і оцінок з множини $\{0, 1\}$. Тоді переходи по "рівнях та етапах" онтології здійснюються, виходячи із сумарної кількості попередньо набраних балів. Необхідно також зосередитися на розробці загальної схеми створення онтології, оскільки перспективність розвитку систем дистанційної освіти сьогодні не викликає сумнівів. Запропонована технологія актуальна для реалізації практичних застосувань в різних галузях. Зокрема, для створення експертних систем, Internet-магазинів, інформаційно-пошукових і довідкових систем.

Визначено особливості формування логічної схеми контролю знань на принципах інцидентності структури онтології. Розроблено базові елементи проведення контролю знань індуктивного і дедуктивного характеру.

Запропонований індуктивний підхід до формування логічної схеми контролю знань дасть змогу:

- об'єктивізувати процес оцінювання знань завдяки мінімізації впливу викладача або експерта;
- забезпечити повноту оцінювання знань внаслідок застосування логічної схеми контролю;
- автоматизувати процедуру формування безлічі питань і визначення послідовності їх у тестах;
- мінімізувати час контролю, використовуючи покрокове визначення оцінки.

Формування онтології та логічної схеми контролю знань дає змогу структурувати навчальний матеріал, визначити теми і запитання, які становлять труднощі для ОН, а також розробити програмну оболонку для уніфікованого формування систем контролю знань з різних навчальних курсів.

Список літератури:

1. **Норенков І.П.** Інтелектуальні технології на основі онтологій // Інформаційні технології. – 2010. – № 1. – С. 17-23.
2. **Noy N.F., McGuinness D.L.** Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology // Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880. – Stanford. – 2001. – 23 p.
3. **Грибова В.В., Тарасов А.В.** Генератор коду інтерфейсу, керованого онтологіями // Штучний інтелект. – 2005. – № 4. – С. 457-464.
4. **Henze N., Dolog P., Nejdl W.** Reasoning and Ontologies for Personalized E-Learning in the Semantic Web // Educational Technology & Society. – 2004. – Vol. 7. – Issue 4. – P. 82-97.
5. **Netavskaya E.** Inductive approach to forming of control knowledge scheme on the base of subject domain ontology // In Proceedings of ISTA-2007. – Kharkiv, Ukraine. – 2007. – P. 43-49.
6. **Згуровський М.З., Панкратова Н.Д.** Технологія передбачення. – К.: ІВЦ "Політехніка", 2005. – 156 с.
7. **Кафтанніков І.Л., Коровін С.Е.** Перспективи використання web-онтологій у навчальному процесі // Educational Technology & Society. – 2003. – № 6(3). – P. 134-138.

8. Нетавска Е. Концептуальні засади реалізації і структура інструментарію контролю знань на базі онтологій // In Proc. XIIIth Int. Conf. “Knowledge-Dialogue-Solutions”. – Bulgaria, Varna, 2007; Vol. 2. – P. 464-470.

9. Khoroshevsky V.F., Knowledge V.S. Data Spases: How an Applied Semiotics to Work on Web // In Proc. 3rd Workshop on Applied Semiotics, National Conference with International Participation (CAI’ 98), Pushino, Russia. – 1998. – P. 7-16.

10. Молчанов А.А. Моделювання та проектування складних систем. – К.: Вища школа, 1988. – 359 с.

REFERENCES

1. Norenkov I.P. Intelktualni tehnologii na osnovi ontologiy // Informatsiyni tehnologii. – 2010. – № 1. – S. 17-23.

2. Noy N.F., McGuinness D.L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology // Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880. – Stanford. – 2001. – 23 p.

3. Grybova V.V., Tarasov A.V. Generator kodu interfeysu, kerovanogo ontologiyavy // Shtuchniy intelekt. – 2005. – № 4. – S. 457-464.

4. Henze N., Dolog P., Nejd W. Reasoning and Ontologies for Personalized E-Learning in the Semantic Web // Educational Technology & Society. – 2004. – Vol. 7. – Issue 4. – P. 82-97.

5. Netavskaya E. Inductive approach to forming of control knowledge scheme on the base of subject domain ontology // In Proceedings of ISTA-2007. – Kharkiv, Ukraine. – 2007. – P. 43-49.

6. Zgurovskiy M.Z., Pankratova N.D. Tehnologiya peredbachennya. – K.: IVTS “Politehnka”. – 2005. – 156 с.

7. Kaftannikov I.L., Korovin S.E. Perspektyvy vykorystannya web-ontologiy u navchalnomu protsesi // Educational Technology & Society. – 2003. – № 6(3). – P. 134-138.

8. Нетавска Е. Kontseptualni zasady realizatsii i struktura instrumentariyu kontrolyu znan na bazi ontologiy // In Proc. XIIIth Int. Conf. “Knowledge-Dialogue-Solutions”. – Bulgaria, Varna, 2007; Vol. 2. – P. 464-470.

9. Khoroshevsky V.F., Knowledge V.S. Data Spases: How an Applied Semiotics to Work on Web // In Proc. 3rd Workshop on Applied Semiotics, National Conference with International Participation (CAI’ 98), Pushino, Russia. – 1998. – P. 7-16.

10. Molchanov A.A. Modelyuvannya ta proektuvannya skladnyh system. – K.: Vyshcha shkola, 1988. – 359 с.

