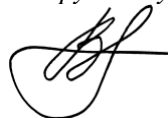


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису



ЛІСКІН ВЯЧЕСЛАВ ОЛЕГОВИЧ

УДК 004.853:378.14

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ
ЗАСОБИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ОНТОЛОГО-
КЕРОВАНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ**

Спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Сирота Сергій Вікторович,
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»,
доцент кафедри прикладної математики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кургаєв Олександр Пилипович,
Інститут кібернетики
імені В. М. Глушкова
Національної академії наук України,
провідний науковий співробітник

кандидат технічних наук, доцент
Завгородній Валерій Вікторович,
Державний університет інфраструктури і
технологій,
доцент кафедри інформаційних
технологій

Захист відбудеться «10» жовтня 2018 р. о 13⁰⁰ годині в аудиторії А-311 на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.058.05 у Національному університеті харчових технологій за адресою: вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601.

Автореферат розісланий « 7 » вересня 2018 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
К 26.058.05,
к. т. н., доцент



Л.О. Власенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток сучасного суспільства характеризується постійно зростаючою роллю інформаційних технологій в усіх сферах людської діяльності. В останні роки об'єми інформації та знань збільшились в багато разів, що призвело до необхідності пошуку нових способів зберігання, представлення, формалізації, систематизації та автоматичної обробки інформації в комп'ютерних системах.

Основною концепцією освіти є навчання через протягом життя, основна форма якого – індивідуальна робота. При цьому значно зростає роль систем електронного навчання та дистанційної освіти.

Водночас інтеграція вищої освіти України в Європейський освітній простір та зростаюча кількість інформації виявили тренд до скорочення аудиторних годин і відповідно до зменшення часу на спілкування студентів із викладачем. Для якісного отримання знань зв'язок між студентом та викладачем повинен бути постійним, щоб корегувати та направляти роботу студента.

Зазначені проблеми у освітній сфері можуть бути вирішені шляхом запровадження у навчальний процес систем електронного навчання.

Сучасне електронне навчання, в тому числі системи на основі технології LMS (Learning Management System), MOOC (Massive Open Online Courses), Wiki та ін., характеризується високими темпами появи нових освітніх ресурсів і великим обсягом освітніх даних. Водночас кожен новий електронний курс, як правило, існує самостійно, а його автори створюють весь необхідний контент для його вивчення. Тобто, не відбувається повторне використання вже існуючих матеріалів електронних курсів. Це призводить до значного дублювання інформації та ускладнює аналіз як самих курсів, так і результатів електронного навчання. Однією з причин цих проблем є відсутність формалізованих зв'язків між електронними курсами та описами предметних областей. Існуючі системи електронного навчання надають дані про перегляд певних освітніх ресурсів і про факти виконання самостійних, контрольних та тестових робіт, а не про комплексне вивчення тієї чи іншої предметної області. Також, при моніторингу результатів навчання можна отримати інформацію тільки про результати проходження певного контрольного заходу без деталізації засвоєння навчального матеріалу на рівні понять предметної області.

Існуючі системи електронного навчання не мають достатнього функціоналу для створення якісного контенту та більш гнучкого, адаптивного керування створеним контентом в контексті навчального процесу, а лише надають інструментарій для керування електронним навчанням. Сьогодні висуває вимоги індивідуалізації і адаптації навчального контенту до потреб

студентів, а це вимагає розробки та застосування нових засобів опису предметних областей і моделей подання знань.

Проблемою безперервного навчання та розробкою моделей адаптивного навчання і управління знаннями в електронних засобах навчання займаються такі вчені: О. О. Герасимчук, М. З. Згуровський, В. С. Журавський, О. Я. Митник та інші дослідники; методикою і реалізацією універсальних і спеціалізованих комп'ютерних систем і програм займаються: А. П. Ладанюк, В. В. Самсонов, О. Є Стрижак, та інші; застосуванню методів і моделей інформаційних технологій для розробки електронних засобів навчання та моделюванню навчального контенту в електронних засобах навчання присвячені праці: П. Брусилівського, С. В. Титенко, А. М. Сільвестрова, Ю. А. Загорулько, А. Ф. Манако, В. В. Завгороднього, А. Ф. Верлань, Т. Мюррей, В. О. Семікіна, та інші; питання онтологічного моделювання розглядалися в роботах: Л. С. Болотової, Н. М. Боргеста, Т. А. Гаврилової, В. П. Гладуна, А. Гомез-Перез, Н. Гуарино, Т. Грубера, Б. В. Добрава, Н. В. Лукашевича, Д. В. Ланде, В. Лапшина, Н. Ной, С. Стааба, Й. Шура та інших; значний внесок в розвиток архітектурно-онтологічних принципів побудови інтелектуальних інформаційних систем зробили: А. Я. Гладун, В. М. Глушков, О. П. Кургаєв, В. А. Литвинов, О. А. Митрофанова, О. В. Палагін, М. Г. Петренко, Ю. В. Рогушина, та інші.

На сьогоднішній день активно розвиваються методологія та технологія проектування, розробки і використання онтологій для структурування і тиражування знань – онтологічний інжиніринг та онтолого-керовані системи. Проте, відсутність універсального підходу до створення онтологій навчальних дисциплін та їх використання не дозволяє використовувати їх в повному обсязі в системах електронного навчання.

Розробка інформаційної технології, що базується на онтологічному інжинірингу освітніх процесів дозволить вирішити задачу автоматизації створення і підтримки в актуальному стані навчальних матеріалів, створення якісного контенту та дозволить вдосконалити контроль знань, звільнивши час викладача від рутинної роботи на користь її творчої складової, водночас вона підвищить якісний рівень освіти в системах електронного навчання.

В дисертації ставляться та розв'язуються задачі підвищення ефективності процесу електронного навчання шляхом онтологічного інжинірингу, розробки інформаційної технології та інструментальних засобів для автоматизації створення онтолого-керованих систем електронного навчання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.

Дисертаційну роботу виконано у межах пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки «Інформаційні та комунікаційні технології» та стратегічного пріоритетного напрямку інноваційної діяльності «Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки», визначених

відповідно до Законів України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (№ 2623-III від 11.07.2001 р. в редакції від 16.01.2016 р.) та «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» (№ 3715-VI від 08.09.2011 р. в редакції від 05.12.2012 р.), відповідно до планів науково-дослідної роботи «Онтологічний інжиніринг систем електронного навчання» (державний реєстраційний № 0117U000535), а також напрямку наукових досліджень кафедри прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення ефективності процесу електронного навчання за рахунок створення і використання інформаційної технології.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано й вирішено такі **задачі**:

1. Дослідити стан розвитку наявних систем електронного навчання. Провести їх класифікацію з метою виявлення напрямків застосування методів і технологій онтологічного інжинірингу. Виявити зв'язок освітніх технологій електронного навчання з сучасними педагогічними теоріями.

2. Дослідити концепцію метаонтології навчальних дисциплін, яка дозволить формалізувати і частково автоматизувати процес створення контенту для електронного навчання.

3. Базуючись на метаонтології навчальних дисциплін, розробити інструментальний засіб для автоматизації створення тестових запитань та обчислювальних завдань.

4. Розробити інформаційну технологію та структурну схему онтолого-керованої системи електронного навчання, яка використовує автоматично згенерований контент.

5. Обґрунтувати та розробити рекомендації щодо інтегрування інформаційної технології та інструментальних засобів у навчальний процес.

6. Провести апробацію засобів навчання, створених з використанням розробленої інформаційної технології. Проаналізувати переваги і недоліки, а також визначити перспективи розвитку засобів навчання.

Об'єкт дослідження – електронне навчання в освітньому процесі.

Предмет дослідження – моделі, методи керування навчальним контентом та онтолого-керовані інформаційні системи.

Методи досліджень. Для розв'язання поставлених задач використовувалися наступні методи: теорія множин – для формалізації задач предметної області; теорія освітніх вимірювань – для реалізації моніторингу та контролю знань; теорія баз даних і знань – для проектування інформаційних джерел онтолого-керованої інформаційної системи; онтологічний інжиніринг

– для проектування метаонтології навчальної дисципліни; методи математичної статистики – для обробки експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Уперше розроблено технологію чанк-орієнтованого навчання, що базується на онтології, яка, на відміну від існуючих, в якості базової сутності використовує сукупність навчального матеріалу, що сприймається як одне ціле – чанк, що дає можливість структурувати вміст курсу незалежно від предметної області.

2. Уперше запропоновано структуру онтологічної системи навчальної дисципліни на основі метаонтології, яка надає можливість автоматизації створення індивідуальної траєкторії навчання та навчальних ресурсів.

3. Удосконалено інформаційну технологію створення вмісту систем електронного навчання таких як тести і контрольні роботи, яка, на відміну від існуючих, використовує онтологію навчального курсу та операторну модель обчислювального завдання, що дає можливість значно розширити банк тестових запитань та використовувати тести як для контролю знань, так і для інтерактивного навчання.

4. Удосконалено та реалізовано, у вигляді програмної системи керування вмістом курсу, алгоритм онтолого-керованого навчання, який, на відміну від існуючих, використовує метаонтологію дисципліни та синхронізує різні типи навчального контенту в декількох вікнах браузера або на різних пристроях, що дає можливість задіяти в учня декілька каналів сприйняття інформації.

5. Набула подальшого розвитку технологія створення освітніх ресурсів та дидактика електронного навчання, які по-новому розподіляють види занять, задля оптимізації використання навчального часу та залучення більш високих рівнів мислення в сенсі таксономії Блума.

Практичне значення одержаних результатів.

Завдяки представленню навчальних дисципліни у вигляді метаонтології розроблено три дистанційні курси дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів зі спеціальності 113 Прикладна математика, а саме «Алгоритми і структури даних», «Алгебра і геометрія» та «Обчислювальна геометрія та комп'ютерна графіка».

Апробовано новий «чанк-орієнтований» підхід до навчання, при якому вивчення окремого предмета слід розглядати як спосіб організації практичної та теоретичної діяльності учасників навчання, зумовлений змістом навчального предмета та індивідуальними особливостями кожного учасника.

Одержані результати роботи можуть бути використані в процесі проектування та розробки нових, а також удосконаленні існуючих систем електронного навчання у вищих навчальних закладах.

Практичне значення результатів роботи підтверджено довідками про застосування результатів роботи у навчальному процесі кафедри прикладної математики Національного технічного університету України «Київського

політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського» та сертифікатами дистанційних курсів.

Особистий внесок у розробку наукових результатів.

Усі наукові результати дисертації одержано автором самостійно й опубліковано, зокрема, в одноосібно підготовленій праці [1]. У друкованих працях, підготовлених за участю автора під час навчання та роботи в Національному технічному університеті України «Київському політехнічному інституті імені Ігоря Сікорського» та опублікованих у співавторстві, йому належить наступне: концепція метаонтології навчальної дисципліни та ідея перерозподілу освітніх цілей за таксономією Блума при використанні електронного навчання [2]; аналіз сучасних онтолого-керованих інформаційних систем [3]; технологія генерації тестових запитань та програмна реалізація генератора тестів [4]; аналіз проведеного експерименту оцінки знань студентів за допомогою тестів [5]; технологія генерації обчислювальних завдань, приклад згенерованого завдання [6]; концепція рушія онтолого-керованої системи [7]; опис побудови онтології навчальної дисципліни як онтології предметної області [8]; опис технології створення контенту на основі чанків та опис архітектури онтолого-керованої системи [9]; опис особистісно-орієнтованого підходу до навчання та модель розгортання ситуації успіху на заняттях за рахунок тестування [10]; аналіз процесу модернізації вищої освіти в Україні та опис оцінно-результативного компонента в освіті [11].

Апробація результатів дисертації.

Основні ідеї, положення та результати наукових досліджень доповідалися на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях: XVI і XVII міжнародних наукових конференціях ім. Т. А. Таран «Інтелектуальний аналіз інформації» (ІАІ) (м. Київ, 2016 і 2017); III наукова конференція «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній науці» (22 жовтня 2015 р., м. Харків); III Всеукраїнська заочна науково-практична конференція «Національний науковий простір: перспективи, інновації, технології» (09-10 червня 2017 р., м. Харків); Десятій науковій конференції магістрантів та аспірантів «Прикладна математика та комп'ютеринг ПМК-2018» (21-23 березня 2018 р., м. Київ).

Публікації.

Результати дисертації опубліковано в 11 друкованих працях. Статей – 5, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України з Переліку, затвердженого МОН України (одна без співавторів); 2 статті в наукових журналах включених до міжнародних наукометричних баз; 6 публікацій у працях і тезах доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і шести додатків. Повний обсяг становить 171 сторінку, у тому числі: 126 сторінок основного тексту, 45 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел зі 144 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації яка зумовлена необхідністю істотно підвищити якість та ефективність електронного навчання за рахунок індивідуального підходу з використанням інформаційних технологій та онтологічного інжинірингу. Визначено мету дисертаційної роботи, об'єкт, предмет та методи дослідження, сформульовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, дані про апробацію та публікацію результатів досліджень.

У **першому розділі** роботи проведено огляд та класифікацію сучасних систем електронного навчання (СЕН) та педагогічні аспекти їх застосування. Виявлено, що розвиток СЕН має тренд до поширення універсальних систем, що не залежать від дисципліни або предметної області, і призначені для організації процесу навчання та управління навчальним контентом. Такі системи надають інструментальні засоби створення навчального контенту, але процес використання цих засобів є досить трудомістким. При цьому засоби автоматизації створення контенту не представлені в достатній мірі.

Проаналізовано освітні цілі за таксономією Блума. Виявлено, що перерозподіл освітніх цілей дасть змогу підняти якісний рівень освіти за рахунок охоплення на заняттях більш високих рівнів когнітивного мислення.

Встановлено, що використання онтологічного інжинірингу для СЕН дозволяє описувати предметні області, що вивчаються в курсах, зберігати інформацію про відносини між об'єктами предметної області, проводити порівняльний аналіз змісту предметної області та змісту навчальних матеріалів.

За мету дисертаційної роботи поставлено підвищення ефективності процесу електронного навчання шляхом онтологічного інжинірингу, розробки інформаційної технології та інструментальних засобів для автоматизації створення онтолого-керованих систем електронного навчання.

У **другому розділі** розглянуто загальноприйнятий підхід до побудови онтології навчальної дисципліни, як онтології предметної області. Виявлено, що даний підхід має переваги, наприклад наявність структури та можливість отримувати нові знання. Недоліками такого підходу є: залежність структури онтології від предметної області та громіздкість.

Для того, щоб розробити інформаційну технологію, яка б працювала однаково з різними предметними областями, запропоновано використовувати не онтологію предметної області, а онтологію навчальної дисципліни (курсу).

Обґрунтовано використання терміну «чанк» для позначення певної сукупності логічно пов'язаного навчального матеріалу, узагальненого темою навчання.

Розроблено метаонтологію навчальної дисципліни, яка складається з двох частин:

$$O^{Meta} = \langle O^{Didactic}, O^{Content} \rangle \quad (1)$$

$O^{Didactic}$ – дидактична онтологія навчальної дисципліни;

$O^{Content}$ – змістова онтологія навчальної дисципліни.

За базовий елемент (сутність) дидактичної онтології було взято трійку – чанк, посилання на контент, відношення.

$$O^{Didactics} = \langle Ch, L, R \rangle, \quad (2)$$

де $Ch = \{ch_i\}$ – множина імен чанків, з якої складається дидактична онтологія; $L_i = \{l_{1i}, \dots, l_{mi}\}$ – множина посилань на елементи контенту (рис. 1); R – множина відношень, при цьому розглядається два відношення R_1 та R_2 . $R_1 \subset Ch \times Ch$ – відношення «вивчається після»; $R_2 \subset Ch \times L$ – відношення «чанк пов'язаний з елементом контенту».

Посилання на елементи контенту зв'язують змістовні блоки в рамках однієї дисципліни в різних типах контенту, будь то текстовий файл, презентація, відео файл, тест або контрольна робота. А також пов'язують чанки з контентом інших дисциплін.

Предметна область буде відображена за допомогою змістовної онтології навчальної дисципліни, яка представляється як набір ланцюжків: сутність – зв'язок – опис, якому передуює нотація:

$$O^{Content} = \text{Notatio: Essentia – Ligamentum – Descriptio} \text{ (лат.)} \quad (3)$$

Або :

$$O^{Content} = \langle N, E, L, D \rangle \quad (4)$$

де, N – нотація; $E = \{E_i\}$ – множина сутностей; L – зв'язки; $D = \{D_i\}$ – множина властивостей.

Множина сутностей, з яких складається змістова онтологія навчальної дисципліни $O^{Content}$ разом з властивостями цих об'єктів та відношеннями між ними відображають знання з певної дисципліни.

Відношення R_1 дидактичної онтології навчальної дисципліни можна представити у вигляді орієнтованого семантичного графу вершини якого є чанками. (рис.1).

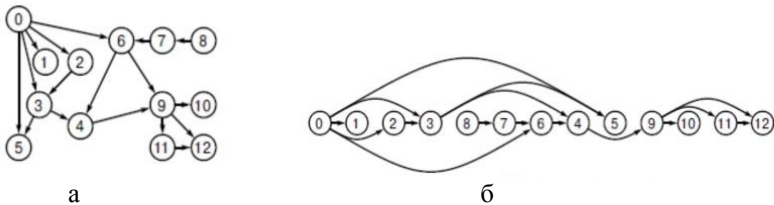


Рис. 1 Семантичний граф зв'язків між чанками
(а – невідсортований, б – відсортований)

Ребра в семантичному графі означають співвідношення «вивчається після».

Топологічне сортування вершин цього графу дає послідовність чанків (тем) для вивчення – чанк-орієнтований підхід до навчання. У той же час неможливість топологічного сортування означає, що граф незв'язний або має цикли. Обидва випадки свідчать про наявність дидактичних помилок.

Запропоновано та обґрунтовано структурну схему взаємодії елементів інформаційної технології онтолого-керованого навчання у вигляді графа переходів (рис. 2), а в таблиці 1 – змістовне навантаження дуг графа.

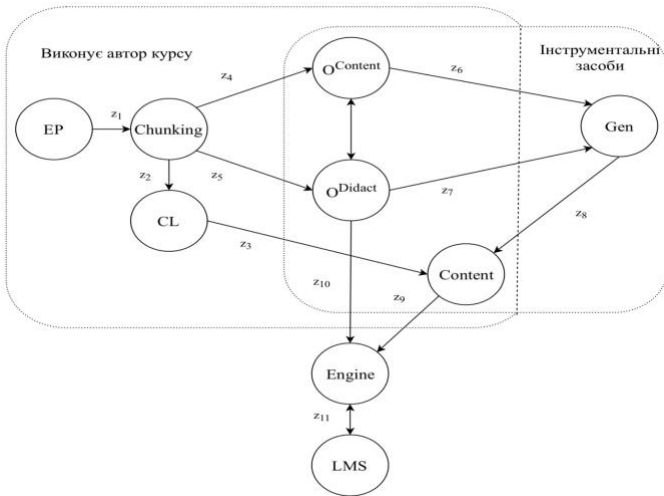


Рис. 2 Граф переходів інформаційної технології

На рис. 2 прийняті такі позначення: *EP* – навчальна та робоча програма; *Chunking* – виділення чанків; *CL* – мітки в контенті; $O^{Content}$ – змістовна онтологія навчальної дисципліни; O^{Didact} – дидактична онтологія навчальної дисципліни; *Gen* – генератор тестових запитань; *Content* – навчальні матеріали; *Engine* – рушій онтолого-керованої системи електронного навчання; *LMS* – системи електронного навчання.

Таблиця 1

Змістовне навантаження дуг графа переходів

Перехід	Опис
z_1	Виділення чанків за робочою програмою
z_2	Зв'язування чанків з мітками
z_3	Зв'язування міток з навчальним матеріалом
z_4	Побудова змістовної онтології
z_5	Побудова дидактичної онтології
z_6	Генерація тестових запитань та обчислювальних завдань
z_7	Зв'язування згенерованих завдань з чанками
z_8	Формування навчального матеріалу
z_9	Передача початкового матеріалу на рушій, формування посилань на навчальні матеріали
z_{10}	Побудова індивідуальної траєкторії навчання
z_{11}	Зв'язок рушія онтолого-керованої системи електронного навчання з існуючими системами електронного навчання

Навчальний процес відбувається на основі чанк-орієнтованого підходу. За допомогою рушія онтолого-керованої системи електронного навчання для кожного чанка генеруються посилання на навчальний веб-контент, які надаються студенту для вивчення матеріалу використовуючи існуючі СЕН або незалежно – у вигляді гіперпосилань на тексти, рисунки, медіа у веб-браузері (рис.3).



Рис. 3 Структурна схема взаємодія елементів інформаційної технології онтолого-керованого навчання

Спираючись на навчальну програму дисципліни та робочу програму кредитних модулів, автор розробляє курс та виділяє чанки по кожному кредитному модулю. Кожен чанк відповідає певній темі дисципліни, поняттю, визначенню, фрагменту учбового матеріалу.

У процесі навчання та проходження студентом контрольних заходів онтолого-керована система збирає інформацію про користувача, якими чанками він оволодів та адаптується до подальшого навчання, тобто надає рекомендації щодо можливості подальшого навчання або потреби повторного вивчення певного матеріалу пов'язаного з конкретним чанком.

Таким чином, робота з контентом та наповненням змістовної онтології відповідає процесу керування знаннями. Дидактична онтологія реалізує послідовність навчання, тобто формалізацію траєкторії індивідуального навчання – чанк-орієнтований підхід.

У **третьому розділі** розглянуто типи контенту та можливості автоматизації його створення. Запропоновано за допомогою онтології автоматизувати створення мультимедійного контенту, тобто багатовіконне подання різних форматів зв'язаного контенту; тестових запитань та обчислювальних завдань.

Для того, щоб автоматизувати створення мультимедійного контенту розроблено технологію та інструментальний засіб, які полегшують роботу з мультимедійним контентом в СЕН.

Розроблена технологія передбачає технологічну карту, згідно якої за основу береться текстовий документ, в якому спеціальною розміткою описуються межі чанків і об'єкти, які необхідно відтворити на вихідній сторінці; навчальні матеріали завантажуються на сервер; текстовий документ оброблюється інструментальним засобом в результаті чого генеруються веб сторінки із навчальним матеріалом, які додаються в СЕН.

Розроблений інструментальний засіб забезпечує багатовіконне відтворення контенту на різних пристроях, тобто створення мультимедійного контенту (рис.4).



Рис. 4 Приклад використання електронних засобів на лекції з різними режимами відтворення навчального контенту

Розроблена технологія дозволяє зв'язувати різні типи контенту за допомогою чанків та в залежності від типу заняття та його цілей надає різні режими відтворення навчального контенту.

Для вирішення задачі автоматизованої генерації тестових запитань використовується змістовна онтологія навчальної дисципліни. Для кожного фрагменту змістовної онтології створюється набір ланцюжків вигляду: нотація – сутність – зв'язок – опис, або $\langle N \& E_i \& L_j \& D_i^j \rangle$ (рис.5).

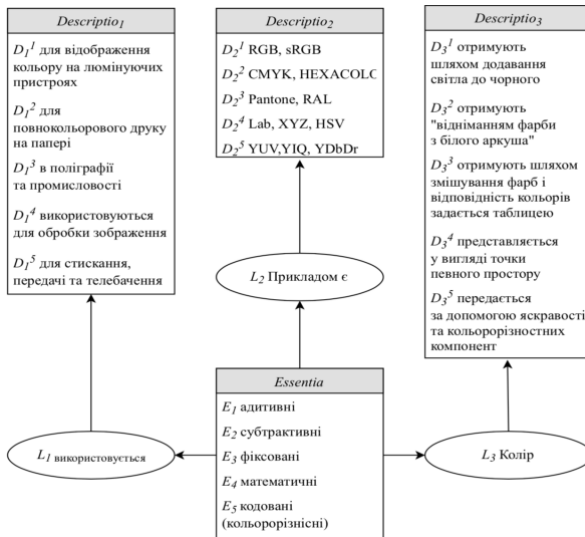


Рис. 5 Приклад фрагменту змістовної онтології «Обчислювальна геометрія та комп'ютерна графіка»

Ланцюжок $\langle N \& E_i \& L_j \& D_m^k \rangle$ являтиме собою істинне твердження у випадку, коли $i=m$ & $j=k$ і хибним у всіх інших. Дана модель дає змогу автоматично генерувати всі основні типи тестових запитань в закритій формі.

Запитання на відповідність генерується у вигляді завдання зіставити парам $\langle E_i \& L_j \rangle$ відповідний D_m^k .

Запитання типу множинний вибір з однією правильною відповіддю: для пари $\langle E_i \& L_j \rangle$ треба позначити відповідний D_m^k при цьому D_i^j буде правильною відповіддю, а решта D_m^k виконуватимуть роль дистракторів.

Для отримання запитання типу множинний вибір з декількома правильними відповідями є два способи. Перший полягає в тому що зв'язка L замінюється на її заперечення $\neg L$ тоді D_i^j стане дистрактором, а решта D_m^k правильними відповідями. В другому способі використовуються сутності, які мають більше одного зв'язку, тоді сутності E_i зіставляється ланцюжок $\langle L_j, D_m^k \rangle$, при цьому при $j=m$ & $k=i$ ланцюжок буде правильною відповіддю, в інших випадках – дистрактором.

Для запитань типу так/ні будуються ланцюжки $\langle N \& E_i \& L_j \& D_m^k \rangle$, у випадку, коли $i=m$ & $j=k$ правильна відповідь – «так», і у всіх інших випадках «ні».

В роботі пораховано, що, в прикладі рис. 5, за чанком в який входить 5 сутностей 3 зв'язки по 5 описів на кожний, буде згенеровано 2893 запитань.

Досконалість сучасних засобів інформаційних технологій досягла такого рівня, що варіанти обчислювальних завдань дуже швидко стають відомими студентам разом з готовими рішеннями. Розроблено технологію генерації обчислювальних завдань, за допомогою якої можна створити як завгодно багато унікальних, верифікованих завдань разом з відповідями.

В основі розробленої технології покладено операторну модель обчислювального завдання, згідно якої завдання розглядається як набір ланцюжків:

$$M^{Calculate} = \langle X, A_1 \dots A_n, X_1 \dots X_n, P \rangle, \quad (6)$$

де X – відповідь на обчислювальне завдання; $A_1 \dots A_n$ – математичні перетворення, які формують умову; $X_1 \dots X_n$ – проміжні результати відповідно до перетворень; P – умова обчислювального завдання. Обмеження полягає в тому щоб проміжні результати були цілими і за модулю не перевищували 100.

Завдяки представленню обчислювального завдання у вигляді (6) можна проаналізувати кожне завдання на наявність спільних ознак або частин, що зменшить час на створення нових контрольних або тестових робіт за рахунок використання однакових операторів.

На кожному етапі генерації обчислювального завдання використовується один оператор та відповідний проміжний результат (рис.6), що дає змогу оцінювати завдання не лише по відповіді, а й по проміжним результатам.

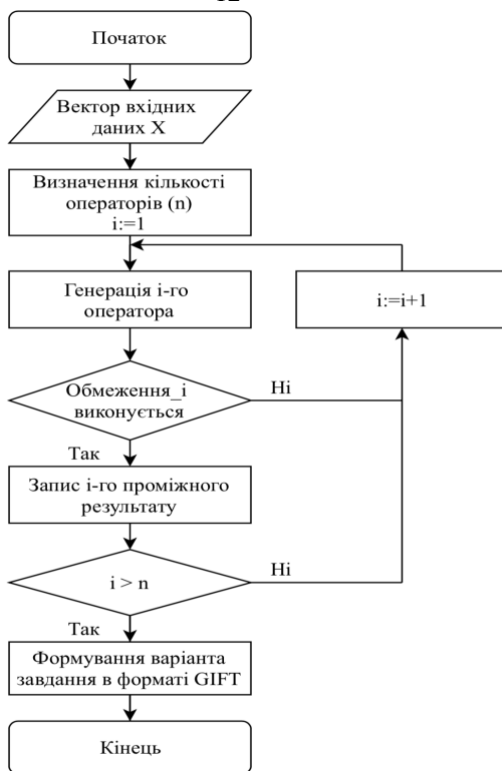


Рис. 6 Алгоритм генерації обчислювального завдання

Узгоджено застосування розробленої технології з сучасними педагогічними теоріями. Технологія застосовує принципи індивідуалізації та диференціації процесу навчання за рахунок співставлення типу тестового запитання у відповідності до компетенцій таксономії Блума (таблиця 2).

Таблиця 2

Компетенції – тип запитання

Компетенції	Тип тестового запитання	Диференціація
Знання	TF, так/ні запитання	I рівень складності
Розуміння	SA, множинний вибір з однією правильною відповіддю	II рівень складності
Застосування	MA, множинний вибір з декількома правильними відповідями	II або III рівень складності
Аналіз	M, запитання на відповідність	III рівень складності

Використано метод хронометрування для кількісної оцінки розробленої технології та порівняння її ефективності з існуючими підходами до автоматизації створення тестових питань.

$$t_{\text{банк питань}} = t_i * n \quad (7)$$

$$t_{\text{наповнення}} = t_j * n \quad (8)$$

$$T = t_{\text{банк питань}} + t_{\text{наповнення}} + t_{\text{корекц}} \quad (9)$$

де $t_{\text{банк питань}}$ – час витрачений на створення всього банку питань в хв.; t_i – час витрачений на створення одного питання в хв.; $t_{\text{наповнення}}$ – час витрачений на імпорт всього банку питань в СЕН в хв.; t_j – час витрачений на імпорт одного питання в хв.; T – загальний час витрачений викладачем на підготовку та створення тестової роботи; $t_{\text{корекц}}$ – час витрачений на лексичну корекцію питань для розробленої технології; n – кількість створених питань.

Для розробленої технології виміряно час витрачений на створення одного ланцюжка ($t_{ch,k}$), час роботи інструментального засобу (t_{prog}) та загальний час витрачений на підготовку та створення тестової роботи. Результати виміру трудовитрат викладача на створення тестових запитань наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Кількісне порівняння технологій у сенсі хронометрування

Технологія	t_i (хв.)				Середній час (хв.)	t_j (хв.)	T (хв.) для 100 питань
	М	SA	MA	TF			
Традиційна	2:12	2:09	3:13	1:48	2:21	1:17	363
	$t_{ch,k}$ (хв.)		t_{prog} (хв.)		$t_{\text{наповнення}}$ (хв.)	$t_{\text{корекц}}$ (хв.)	T (хв.) для 1000 питань
Розроблена	13:03		4:07		5	60	181

Розроблена технологія дозволяє збільшити кількість запитань в 10 разів, водночас зменшити трудовитрати викладача приблизно в 2 рази. Таким чином, вирішено проблему створення обчислювальних завдань та генерації тестових запитань, які базуються на онтології та їх подальшої інтеграції в СЕН.

У четвертому розділі роботи запропоновано рушій онтолого-керованої системи електронного навчання (ОСЕН), який базується на «клієнт-серверній» архітектурі.

В основі клієнтської частини ОСЕН використовується веб-браузер. Серверна частина розробленої ОСЕН складається з рушія підтримки онтолого-керованого навчання, бази даних користувачів та бази знань, яка поєднує онтологію навчальних дисциплін та навчальний контент (рис. 7).

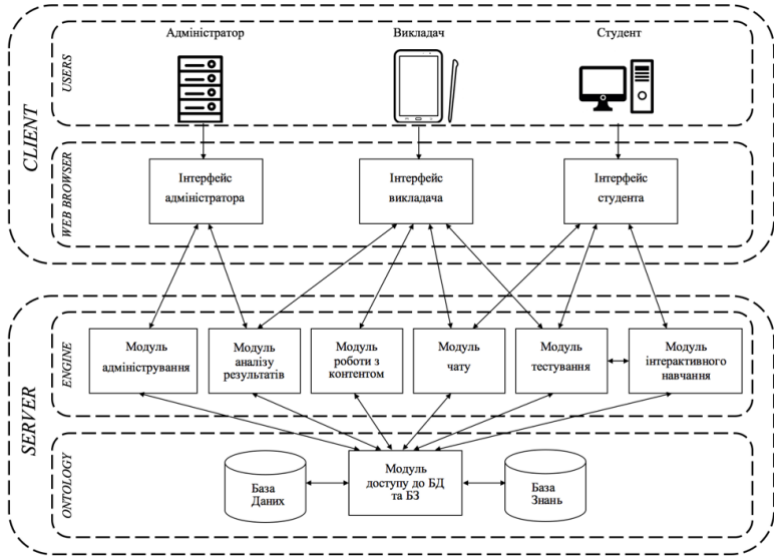


Рис. 7 Структурна схема онтолого-керованої інформаційної системи електронного навчання

Рушій має модульну структуру, яка дає можливість гнучкого налаштування системи та додавання нових модулів. Модуль роботи з контентом надає можливість завантажувати контент в зручному форматі, експортувати та імпортувати онтології навчальної дисципліни в форматі RDF. Модуль роботи з контентом надає інструментальні засоби розробки контенту навчальних дисциплін та інструментальний засіб генерації питань. Модуль інтерактивного навчання надає можливість: студентам переглядати лекційний матеріал в багатовіконному режимі, матеріал подається синхронно в декількох вікнах (рис. 8); виконувати практичні та лабораторні завдання.

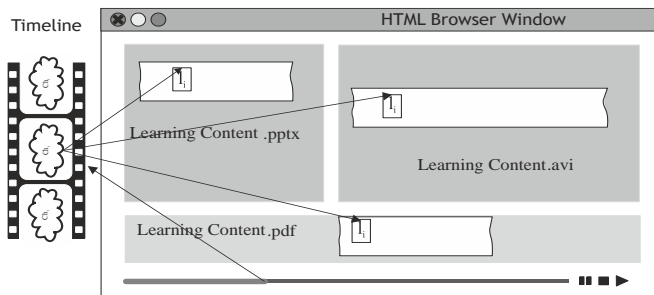


Рис. 8 Багатовіконне подання контенту

Перевірено адекватність розробленої ОСЕН за допомогою проведеного експерименту на учбових групах студентів кафедри прикладної математики

КПІ ім. Ігоря Сікорського протягом 2014-2017 років. Експеримент проводився на базі трьох навчальних дисциплін: «Алгебра і геометрія», «Структури даних і алгоритми», «Обчислювальна геометрія та комп'ютерна графіка».

Визначено кількість студентів для участі в експерименті, яка забезпечує репрезентативність вибірки за допомогою формули:

$$n = \frac{N * t^2 * \sigma^2}{N * \Delta^2 + t^2 * \sigma^2}, \quad (10)$$

де n – обсяг репрезентативної вибірки; N – обсяг генеральної вибірки; Δ – гранична похибка репрезентативності вибірки; σ – середній квадрат відхилень; t – коефіцієнт довір'я, який залежить від ймовірності визначення граничної похибки.

Для оцінки результатів проходження електронного тестування та виявлення студентів з не сумлінним ставленням до навчання, використано розрахунки наступних показників (11, 12).

Кількість балів отриманих за тестову роботу:

$$TS = \sum_{i=1}^k Q_i \quad (11)$$

де Q_i – бали отримані за i -те питання; k – кількість заданих питань.

Кількість балів отриманих за вивчений чанк:

$$ChR_i = \frac{\sum_{i=1}^k DChI_i * m}{n} \quad (12)$$

де $DChI_i$ – питання пов'язані з i -тим чанком; m – кількість правильних відповідей; n – кількість заданих питань.

Результати оцінювання наведені в таблиці 4 та 5.

Таблиця 4

Узагальнена таблиця успішності навчання по трьох дисциплінах після тестування

Група	Дисципліна			Середнє значення
	«АГ»	«ОГ та КГ»	«АСД»	
Група А	75%	83%	65%	74,3%
Група Б	82%	91%	73%	82%
Ефект	7%	8%	8%	7,7%

Таблиця 5

Розподіл кількості правильних відповідей відповідно до категорії до та після проведення експерименту

	Оцінка національна / ECTS				Всього питань
	Відмінно / А	Добре / В,С	Задовільно / D,Е	Незадовільно / F, Fx	
Група А	26	22	16	14	30
Група Б	28	24	17	15	30
Ефект	7%	9%	6%	7%	7,25%

Порівняно гіпотези (гіпотеза H_0 – рівень успішності у групах після навчання традиційною методикою та за допомогою чанк-орієнтованого підходу однаковий, H_1 – рівень успішності у групах не однаковий) за критерієм Пірсона:

$$\chi^2 = \frac{1}{n_1 * n_2} * \sum_{i=1}^4 \frac{(n_{1i} * q_{2i} - n_2 * q_{1i})^2}{q_{1i} + q_{2i}} \quad (13)$$

де n_1 – кількість студентів в групі А; n_2 – кількість студентів в групі Б; q_{1i} – кількість оцінок групи А в i -й категорії; q_{2i} – кількість оцінок групи Б в i -й категорії.

На основі одержаних результатів розраховане значення критерію $\chi_{\text{емп}}^2 = 29.41$ та $\chi_{\text{кр}}^2 = 11.345$. Так як, виконується нерівність $\chi_{\text{емп}}^2 > \chi_{\text{кр}}^2$, то H_0 – відхиляється, а H_1 – приймається. Зроблено висновок про ефективність розробленої інформаційної технології та чанк-орієнтованого підходу до навчання.

Результати застосування розробленої технології на тестованих групах студентів показали, що успішність навчання та оволодіння знаннями, уміннями та навичками з дисциплін покращилася в середньому на 7%.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-прикладну задачу розробки на базі онтологічного інжинірингу інформаційної технології та інструментальних засобів для підтримки систем електронного навчання.

Одержано такі нові теоретичні та практичні результати:

1. Проведено огляд та класифікацію систем електронного навчання, визначено особливості застосування інструментальних засобів для їх створення. Проаналізовано співвідношення освітніх цілей за таксономією Блума до видів навчальних занять в сучасній системі освіти та визначено фактори, що впливають на якість процесу навчання. За результатами аналізу виявлено, що покращення навчання може бути вирішено за рахунок використання онтолого-керованих систем електронного навчання та сучасних інформаційних технологій.

2. Запропоновано методику побудови онтологічної системи навчальної дисципліни на основі метаонтології, яка складається з дидактичної та змістовної онтологій. При цьому дидактична – реалізує чанк-орієнтований підхід до навчання, а змістовна – відображає знання з певної дисципліни. Запропоновано модель тестового запитання та операторну модель обчислювального завдання, які дозволять розробити алгоритми автоматичного генерування відповідних засобів контролю знань.

3. Розроблено алгоритми автоматичної генерації тестових запитань та обчислювальних завдань на основі запропонованих моделей та розроблено інструментальні засоби, які реалізують дані алгоритми, при цьому тестові запитання класифікуються за їх типом та чанком, до якого вони відносяться. Це дозволяє розширити банк тестових запитань в 10 разів, при цьому зменшуючи трудовитрати викладача в 2 рази.

4. Розроблено інформаційну технологію чанк-орієнтованого навчання, яка узгоджується із сучасними педагогічними теоріями, зокрема з таксономією Блума, та психологічними теоріями сприйняття навчального контенту.

Особливістю онтолого-керованої системи управління навчальним контентом є рушій, який забезпечує синхронне відтворення контенту та підтримку процесу навчання в багатовіконному режимі.

5. Основні засади чанк-орієнтованого підходу до навчання, який базується на інформаційній технології онтолого-керованого навчання полягають в наданні лекційним заняттям мотиваційної складової, створення комп'ютерної підтримки для самостійної роботи, автоматизації контрольних заходів, що дозволить збільшити час на індивідуальне спілкування викладача та студента.

6. Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес кафедри прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Практичне значення результатів роботи підтверджено впровадженням і використанням в навчальному процесі. Виявлено кореляцію між розробленими методами автоматизованої перевірки знань та традиційними методами. В якості нової можливості розробленої інформаційної технології можна відзначити здатність системи виявляти несумлінне ставлення до навчання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації в наукових фахових виданнях

1. Ліскін В. О. Технологія для автоматизації створення контенту систем комп'ютерного навчання / В. О. Ліскін // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 20(1242). – С.118 – 127. – Бібліогр.: 20 назв. – ISSN 2079-5459.

2. Liskin V. E-learning Information Technology Based on an Ontology Driven Learning Engine / V. Liskin, S. Syrota // International Journal of Computer Science and Information Security. – 2017. – Vol. 15(8). – P. 258–263. (Індексується в Web of Science).

Автору належить концепція метаонтології навчальної дисципліни та ідея перерозподілу освітніх цілей за таксономією Блума при використанні електронного навчання.

3. Сирота, С. В. Огляд сучасних онтологокерованих інформаційних систем та сервісів і перспективи їх застосування в електронній освіті / С. В. Сирота, В. О. Ліскін // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – Т. 5, № 6 (25). – с. 58–60. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51234 (Індексується в Index Copernicus).

Автору належить аналіз сучасних онтолого-керованих інформаційних систем.

4. Сирота, С. В. Розробка генератора тестів для «Moodle» на базі онтології / С. В. Сирота, В. О. Ліскін // Східно-Європейський журнал

передових технологій. – 2015. – Т. 5, № 2 (77). – с. 44–48. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51334 (Індексується в Scopus).

Автору належить технологія генерації тестових питань та програмна реалізація генератора тестів.

5. Сирота, С. В. Використання системи «Moodle» для викладання дисципліни «Алгоритми і структури даних» – досвід і проблеми / С. В. Сирота, В. О. Ліскін // ScienceRise. – 2015. – Т. 9, № 2 (14). – с. 30–35. doi: 10.15587/2313-8416.2015.50610 (Індексується в Index Copernicus).

Автору належить аналіз проведеного експерименту оцінки знань студентів за допомогою тестів.

Публікації в працях і тезах доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій

6. Ліскін В. О. Технологія генерації обчислювальних завдань на базі онтології / В. О. Ліскін, С. В. Сирота // III Всеукраїнська заочна науково-практична конференція «Національний науковий простір: перспективи, інновації, технології» (м. Харків, 09-10 червня 2017 року): тези доповідей. – Харків: НП «ЦНТ», 2017. – с. 19-23.

Автору належить технологія генерації обчислювальних завдань, приклад згенерованого завдання.

7. Ліскін В. О. Про нову концепцію рушія онтологокерованої системи дистанційного навчання / В. О. Ліскін, С. В. Сирота // XVII міжнародна наукова конференція IAI-2017 ім. Т. А. Таран: тези доповідей. – Київ: Просвіта, 2017. – с. 148-151.

Автору належить концепція рушія онтолого-керованої системи.

8. Сирота С. В. Онтологический инжиниринг систем компьютерного обучения на примере дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по специальности прикладная математика / С. В. Сирота, В. О. Лискин // XVI міжнародна наукова конференція IAI-2016 ім. Т. А. Таран: тези доповідей. – Київ: Просвіта, 2016. – с. 208-213.

Автору опис побудови онтології навчальної дисципліни як онтології предметної області.

9. Сирота С. В. Онтолого-керований рушій для систем електронного навчання / Сирота С. В., Ліскін В. О., Кривенцев М.О. // Десята наукова конференція магістрантів та аспірантів «Прикладна математика та комп'ютеринг ПМК-2018»: тези доповідей. – Київ: Просвіта, 2018. – с. 380 – 385.

Автору належить опис технології створення контенту на основі чанків та опис архітектури онтолого-керованої системи.

10. Митник О. Я. Фундаменталізація професійної підготовки як важливий засіб професійної мобільності сучасного фахівця / О. Я. Митник, В. О. Ліскін // Вища освіта України – Том III – Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». – К., 2011. – с. 143 – 151.

Автору належить опис особистісно-зорієнтованого підходу до навчання та модель розгортання ситуації успіху на заняттях за рахунок тестування.

11. Митник О. Я. Перспективи розвитку вищої освіти в Україні в контексті інтеграції до Європейського освітнього простору / О. Я. Митник, В. О. Ліскін // Вища освіта України – Том I – Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору». – К., 2012. – с. 261 – 268.

Автору належить аналіз процесу модернізації вищої освіти в Україні та опис оцінно-результативного компонента в освіті.

АНОТАЦІЯ

Ліскін В. О. Інформаційна технологія та інструментальні засоби для автоматизації створення онтолого-керованих систем електронного навчання. – Кваліфікаційна наукова робота.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Національний університет харчових технологій, Київ, 2018.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної задачі створення інформаційної технології та інструментальних засобів для автоматизації створення онтолого-керованих систем електронного навчання.

В роботі розроблено концепцію метаонтології навчальної дисципліни, яка складається з двох частин: дидактичної онтології та змістовної онтології навчальної дисципліни.

Представлено технологію та інструментальні засоби для автоматизації генерації тестових завдань та створення обчислювальних завдань, що базуються на метаонтології навчальної дисципліни.

Запропоновано нову концепцію рушія онтолого-керованої інформаційної системи електронного навчання, яка зв'язує навчальний контент з результатами проходження тестів і виконання контрольних робіт.

Основні результати роботи використано на кафедрі прикладної математики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» при викладанні дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Ключові слова: інформаційна технологія, онтолого-керована система електронного навчання, метаонтологія дисципліни, чанк.

ABSTRACT

Liskin V. O. Information technology and techniques for automatic creation of ontology-driven e-learning systems. – Scientific qualification work.

Thesis for Ph. D. (candidate of technical sciences) degree in specialty 05.13.06 «Information technology». – National Technical University of Ukraine «Igor

Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», National university of food technologies, Kiev 2018.

The dissertation is devoted to solving the actual problem of creating information technology and techniques for automatic creation of ontology-driven e-learning systems.

It is proposed to work with the ontology of a discipline (course) in order to develop an information technology that would work identically with different subject areas.

The use of the term «chunk» is justified to designate a certain complex of logically related educational material. A metaontology of the discipline is developed, which consists of two parts: didactic ontology and content ontology of the discipline.

The considered content processing and the creation of a content ontology as pertaining to said information technology, corresponds to the process of knowledge management. A didactic ontology implements the sequence of learning, and with that, the formalization of the trajectory of individual learning.

A technology is developed for automation of test question creation and the creation of computational tasks. This technology meets the following requirements: tasks have answers and solutions without laborious calculations; numerical data in the conditions of tasks are integral; the conditions of tasks are correct, since they are based on an ontology of the discipline that is built by the teacher; tasks are generated in GIFT format.

The application of the developed technology is accord with modern pedagogical theories. Pedagogical motivation is realized through lectures during which theoretical aspects are considered, along with their practical application in real life.

Proposed is the engine of the ontology-driven information system of electronic learning, which links the educational content with the results of passing tests and execution of control works.

The main results of the work were implemented at the Department of Applied Mathematics of the National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» when teaching subjects of the curriculum of bachelor training on specialty 113 «Applied Mathematics».

Key words: information technology, ontology-driven e-learning system, metaontology of educational discipline, chunk.

