Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп’ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Онтологічні експертні системи управління дистанційним навчанням

(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи КСМм-22-2

Стецик Д.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність

123 «Комп’ютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Комп’ютерні системи та мережі
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Ільїна І.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ _____ Коваленко А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління

Кафедра електронних обчислювальних машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерні системи та мережі
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)
"____" _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту Стецику Дмитру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Онтологічні експертні системи управління дистанційним навчанням

затверджена наказом по університету від " 06 " листопада 2023 р. № 1298 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 15 січня 2024 р.

3. Вхідні дані до роботи 1) існуючі онтологічні експертні системи; 2) онтології, їх принципи та застосування.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі

1) властивості та класифікація онтологій;
2) створення систем на основі онтологіій;
3) порівняння існуючих експертних систем;
4) висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайд-презентація – 11 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження загальних принципів онтологій	10.11.23-20.11.23	
2	Аналіз та порівняння існуючих систем	23.11.23-02.12.23	
	управління дистанційним навчанням		
3	Аналіз онтологічних експертних систем	07.11.23-14.12.23	
4	Методи розробки онтологій та систем	17.12.23-24.12.23	
	на їх основі		
5	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	27.12.23-04.01.24	
6	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та	05.01.24-09.01.24	
	її попередній захист		
7	Подання кваліфікаційної роботи на рецензу-	10.01.24-14.01.24	
	вання		

Дата видачі завдання 06 листопада 2023 р.

Студент _____ (підпис)

Керівник роботи _____ (підпис) доц. Ільїна І.В. (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 65 с., 20 рис., 4 табл., 1 дод., 30 джерел.

ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ, ОНТОЛОГІЇ, ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ, ЗНАННЯ, ПОНЯТТЯ.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка онтологічних експертних систем для управління дистанційним навчанням.

Онтологічні експертні системи є невід’ємною частиною дистанційного навчання. В даному дослідженні було розглянуто поняття онтології, їх властивості, класифікації та застосування, та створення систем на їх основі.

ABSTRACT

Master’s thesis 65 pages, 20 figures, 4 table, 1 appendices, 30 sources.

DISTANCE EDUCATION, ONTOLOGIES, EXPERT SYSTEMS, KNOWLEDGE, CONCEPTS.

The major goal of this thesis is the research and development of ontological expert systems for distance learning management

Ontological expert systems are an integral part of distance learning. In this study, the concept of ontology, their properties, classification and application, and the creation of systems based on them were considered.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 7
ВСТУП 8
1 ОНТОЛОГІЇ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ 10
1.1 Загальні принципи застосування онтологій 10
1.1.1 Онтологічне представлення знань 11
1.1.2 Семантична павутина 14
1.2 Класифікація онтологій 18
1.3 LMS та їх порівняння 22
2 ОНТОЛОГІЧНІ ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ У ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ 28
2.1 Онтологічні експертні системи 28
2.2 Основні редактори онтологій 33
3 РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ 38
3.1 Розробка онтології для інформаційного забезпечення процесу дистанційної освіти 38
3.2 Автоматичні методи побудови онтологій 40
3.3 Застосування онтологічного підходу до управління вищими 46
3.4 Аналіз використання онтологічного підходу до системи дистанційного навчання 52
ВИСНОВКИ 54
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 56
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи 59

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

CMS – система керування вмістом сайту. На професійному жаргоні CMS ще називають «двигун сайту»

LMS – система управління навчанням у якій можуть розміщуватися навчальні матеріали, тести, особистий кабінет викладача та студентів, а також проводитись відеозаняття

OWL – мова опису онтологій для семантичної павутини

URI – уніфікований ідентифікатор ресурсів

VLE – віртуальне навчальне середовище. Програмна система, створена для підтримки процесу дистанційного навчання

XML – стандарт побудови мов розмітки структурованих даних для обміну між різними застосунками

ВСТУП

Разом з традиційними технологіями освіти давно стало широко поширеним дистанційне навчання з використанням передових інформаційних технологій. Дистанційне навчання допомагає вирішити проблему безперервного навчання людей, які можуть взаємодіяти з учителем тільки на відстані.

Оскільки дистанційна освіта стає невід'ємною частиною сучасної освіти, важливість досліджень дистанційної освіти зростає з кожним днем. У контексті сучасного світу, де технологічний прогрес стрімко розвивається, а події, що впливають на спосіб життя людей, стають непередбачуваними (наприклад, глобальні пандемії, війни), дистанційна освіта набуває настільки важливого значення, що стає вже не альтернативою, а нормою.

Загальний доступ до Інтернету та поширення електронних технологій дозволяють людям отримувати доступ до освіти з будь-якої точки світу, а під час пандемії COVID-19 та останнім часом при проведення бойових дій на території України дистанційне навчання виявилося способом забезпечити безпеку студентів та викладачів, надаючи при цьому надійну освіту. Ця ситуація не лише створила великі виклики, але й надала дистанційній освіті значного імпульсу для розвитку. Водночас цей швидкий перехід до дистанційного навчання підкреслив важливість вивчення його впливу на студентську академічну успішність, мотивацію та самоконтроль студентів.

Різні аспекти дистанційної освіти також впливають на мотивацію студентів. Відсутність фізичного контакту з викладачами та іншими студентами може знизити мотивацію та погіршити академічну успішність. Питання доступу до необхідних ресурсів і технологій є важливим для багатьох студентів, особливо для студентів з обмеженими можливостями.

Нарешті, необхідно проаналізувати вплив дистанційної освіти на соціокультурні та економічні аспекти освіти. Вона може змінити традиційні

підходи до навчання, підняти питання доступності та рівності в освіті, а також призвести до змін у світовій системі освіти.

Однією з головних проблем, пов'язаних з дистанційною освітою, є необхідність створення ефективних систем управління дистанційною освітою. Зважаючи на велику кількість онлайн-курсів, платформ та інструментів для дистанційної освіти, вкрай важливо мати систему, яка б забезпечувала ефективну координацію, управління та підтримку навчального процесу.

Така система управління електронним навчанням повинна враховувати різні аспекти, такі як планування навчання, оцінювання якості навчання, моніторинг діяльності студентів, підтримка викладачів і студентів, а також забезпечення безпеки та конфіденційності даних.

Однак створення такої системи управління є непростим завданням. Воно вимагає інтеграції технологічних рішень, розробки керівних принципів і стратегій управління, а також залучення викладачів і студентів. При створенні системи управління важливо враховувати вимоги до функціональності, доступності та якості навчання.

1 ОНТОЛОГІЇ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Термін «онтологія» (від давньо-грецької «ontos» – суще, те, що існує та «logos» – учення, наука) – вчення про буття. Запропонував цей термін професор логіки марбурзького університету Р. Гоклен у 1613 році. Багато років він існував як філософське поняття, але зараз є багато визначень цього терміну які пов’язують його з іншими науками. Наприклад, в інформаційних технологіях «онтологія» пояснюється як формалізоване представлення знань про певну предметну область (середовище, світ), придатне для автоматизованої обробки [1].

У контексті дистанційної освіти онтології є необхідним інструментом для побудови інтелектуальних систем управління[30]. Онтології включають в себе не тільки поняття і зв'язки між ними, а й розподіл конкретних варіантів використання, таких як автоматичний вибір навчальних ресурсів відповідно до потреб учня, інтелектуальний розподіл завдань і багато інших аспектів. Онтології дозволяють створювати і підтримувати багатофункціональне навчальне середовище[30].

1.1 Загальні принципи застосування онтологій

Структури онтологій можуть бути розроблені і використані для вирішення багатьох різних типів завдань, включаючи багатокористувацькі спільні програми (люди, програмні агенти). Вони надають можливості для конфігурації, структуризації (рисунок 1.1), зберігання та повторного використання знань для побудови моделей та аналізу інформації.

Також можливе використання онтологій у сфері товарів і послуг. Завданнями онтологічних структур у цій сфері є збір інформації про товари, представлення інформації про товари, класифікація товарів за їх

призначенням, забезпечення пошуку за товарами та відображення визначень товарів.

Там, де потрібна обробка даних з урахуванням семантики, можна використовувати онтології. Оскільки мова веб-онтологій (OWL) спочатку була орієнтована на машинну обробку, правильне використання структур онтологій може значно спростити розробку додатків і створити потенційні можливості для вирішення проблем автоматичної обробки даних і доступу до них. Користувачі онтологій мають можливість самостійно обирати порядок перегляду (вивчення) контенту, виходячи зі свого освітнього потенціалу та попередніх знань.

а) б)

Рисунок 1.1 – Приклад структуризації за допомогою онтологій: а) імена італьянських художників; б) онтологічна структура «Італьянські майстри XIII-XVI ст.»

1.1.1 Онтологічне представлення знань

Розглянемо шляхи та способи систематизації предметів освітньої діяльності у вищих навчальних закладах. Основою такої систематизації є

словник змісту управлінської інформації. Цей словник створюється інтелектуальними системами на основі онтологічної моделі освітнього процесу.

Таким чином, онтологія знаходиться в центрі системи. Онтологія надає концептуальну модель завдань і предметних областей і визначає реалізацію бізнес-логіки системи. Процеси навчання, структури та бізнес-процеси визначаються в термінах відповідних знань.

Онтологія – це формальне і декларативне представлення, яке містить словник понять і відповідних їм термінів предметної області, а також логічні твердження, які визначають набір взаємозв'язків між поняттями. Для опису зв'язків в онтології використовуються різні формальні моделі та мови, що застосовуються у штучному інтелекті, такі як предикати, продукти, фрейми та семантичні мережі. Термін "онтологія" є синонімом представлення знань.

Офіційно онтологія визначається як набір множин: O = <X, R, F>, де X – множина концептів (понять, термінів) предметної області, представленої онтологією O, R – множина відношень між концептами в даній предметній області, F – множина функцій інтерпретації (аксіоматизації), визначених на концептах та/або відношеннях в онтології O. Об'єктне моделювання та методи створення освітнього контенту дозволяють використовувати онтологічне представлення знань у вигляді набору понять (рисунок 1.2).

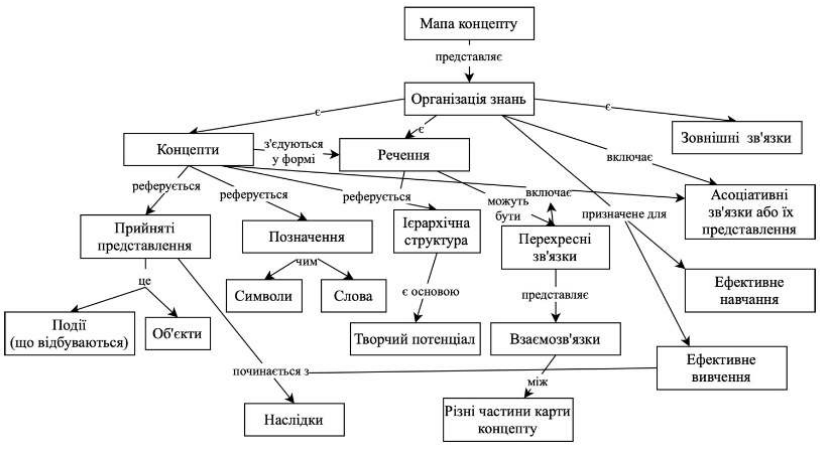

Рисунок 1.2 – Онтологічне представлення знань у вигляді набору понять

Концепти є засобом організації знань та реалізації абстрактних ідей і понять. Зміна назви (набору символів) або формулювання концепту дозволяє отримати різні способи його вираження. Розроблений концепт включає опис його структури, потенціалу розвитку (творчого потенціалу), взаємозв'язку з іншими концептами, методику викладання та самостійного дослідження змісту концепту.

Труднощі адекватного опису взаємозалежностей і взаємодій складних структур навчальних дисциплін, а також проблеми термінологічної плутанини, що виникають через особливості мови, яка використовується для опису завдань у певній предметній галузі, значно зменшуються за допомогою цього підходу. Як наслідок, дані потребують тематичної, термінологічної та структурної систематизації. Існує також проблема дисциплінарної роз'єднаності в багатьох освітніх процесах.

Розвиток інтернет-технологій уможливлює реалізацію цього підходу за допомогою сучасних інструментів для організації та використання навчальних матеріалів. Дуже важко описати всі аспекти освітньої діяльності за допомогою стандартизованого підходу. Використання відповідного тезаурусу може певною мірою вирішити проблему якісного опису всіх структурних одиниць навчального процесу.

Тезаурус – це спеціалізований словник, який визначає семантичні зв'язки між лексичними одиницями. На відміну від тлумачних словників, тезауруси можуть визначати значення не лише шляхом дефініції, але й шляхом співвіднесення з іншими поняттями, через це може бути використаний у системах на базі штучного інтелекту.

Структура тезауруса може бути побудована на основі семантичних мереж. Семантичні мережі відображають семантику предметної області у вигляді понять і зв'язків і є одним з найбільш зручних способів представлення знань. У семантичній мережі концепти в базі знань відіграють роль вузлів, а зв'язки визначаються відношеннями між концептами (рисунок 1.3).

На жаль, опис об'єктів за представленою схемою не дозволяє повністю відобразити їх властивості.

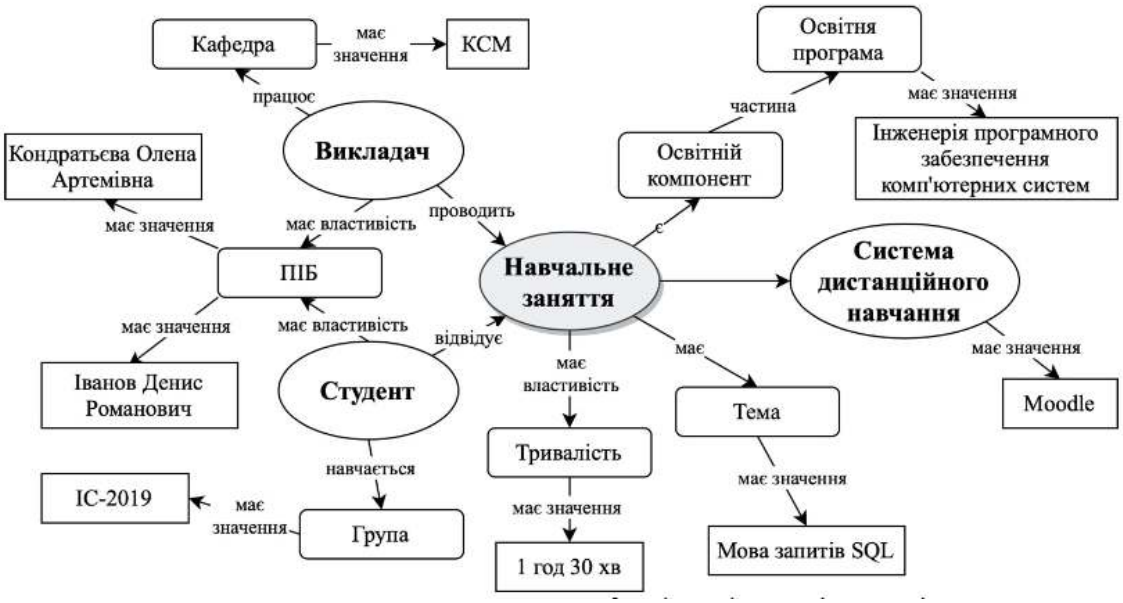

Рисунок 1.3 – Семантична мережа об’єктів освітньої діяльності

Необхідно управляти створенням, розповсюдженням, обробкою та використанням структур для опису складних об'єктів в аналізованій предметній області систем дистанційного навчання. Одним із способів вирішення цієї проблеми є створення онтології.

1.1.2 Семантична павутина

Однією з найважливіших задач, що вирішуються за допомогою онтологій, є семантичний пошук. Сучасні механізми знаходять запитувану користувачем інформацію без урахування семантики слів у запиті або контексту, в якому вони вживаються.

Семантична павутина (Semantic Web) – нова концепція розвитку Всесвітньої павутини. Цей термін був запроваджений Тімом Бернсом-Лі у травні 2001 року.

Семантична павутина – це надбудова над сучасною Всесвітньою павутиною [2]. Основна мета це зробити інформацію, що розміщена в мережі, зрозумілішою для комп'ютерів. Майже вся інформація в Інтернеті знаходиться в текстовій формі. Комп'ютери не можуть сприйняти й осмислити словесну інформацію, розміщену в Інтернеті.

Насьогодні комп'ютери беруть все більшу участь у формуванні й обробці інформації в мережі Інтернет. Функції комп'ютерів в основному зводяться до збереження, відображення і пошуку інформації. У той же час створення інформації, її оцінка, класифікація й актуалізація – усе це як і раніше виконує людина. Основна ідея семантичної павутини полягає у тому щоб використовувати мову яка була б зрозуміла комп’ютеру, тобто розміщувати інформацію в Інтернеті двома мовами: людською для людини і комп'ютерною для розуміння комп'ютера. Семантична павутина – це концепція мережі, у якій кожен ресурс людською мовою був би доповнений описом, зрозумілим комп'ютеру.

Для створення зрозумілого комп'ютеру опису ресурсу в семантичній павутині використовується формат RDF (англ. Resource Description Framework) (рисунок 1.4), що заснований на синтаксисі XML і використовує ідентифікатори URI для позначення ресурсів.

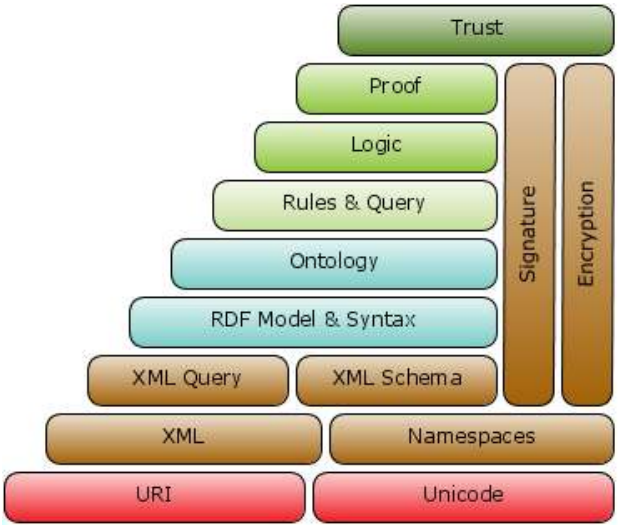

Рисунок 1.4 – Стек понять семантичної павутини

RDF був затверджений як стандарт W3C у лютому 2004 року. RDF – це система опису мережних ресурсів, зрозуміла комп'ютеру [3]. Він призначений для збереження метаданих. Відповідно до концепції семантичної павутини, опис у форматі RDF повинен прикріплюватися до кожного мережного ресурсу. Документи RDF повинні оброблятися комп'ютером автоматично, RDF не призначений для читання і використання людиною. На сьогодні формат RDF вже сформувався й одержав широке поширення, він служить каркасом для створення семантичної павутини.

Одну з головних ролей у семантичній павутині грають спеціалізовані програми, які називаються інтелектуальними агентами (рисунок 1.5), головним завданням яких є робота з інформацією. За запитами користувачів агенти знаходять джерела інформації, запитують дані, зіставляють їх із критеріями пошуку і далі видають у формі подання зручною для різних користувачів.

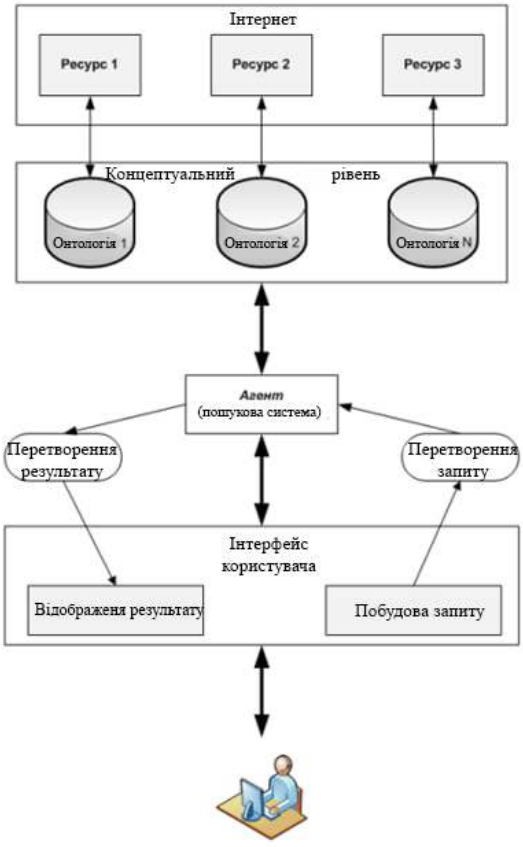

Рисунок 1.5 – Схема пошуку на основі онтологій

Агенти здатні обмінюватися між собою ланцюжками побудованих ними міркувань та правилами логічних висновків, які використовуються в онтологіях. За загальноприйнятої думки онтології необхідні ефективнішої взаємодії агентів. Ці можливості при необхідності дають користувачеві перевірити результат, або іншому агенту спробувати знайти оптимальне рішення на підставі вже зібраної інформації або уточнити умови початкового запиту. У певних ситуаціях для вирішення поставленого завдання може знадобитися і передача одним персональним агентом іншому агенту певної особистої інформації користувача (рисунок 1.6).

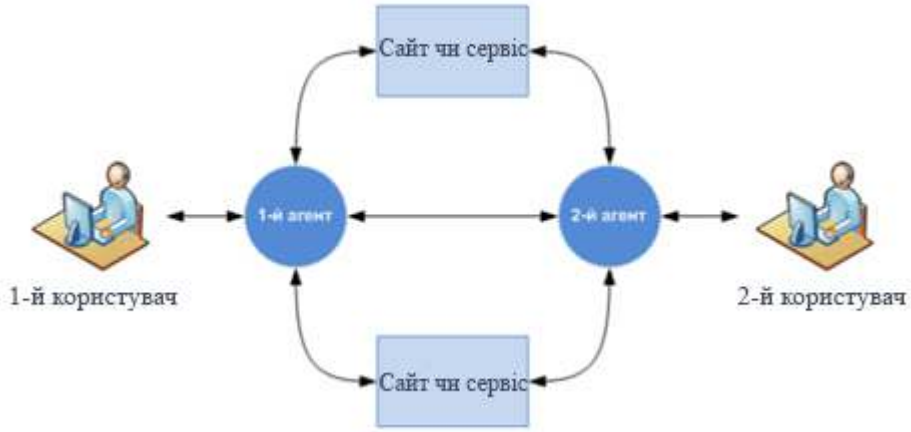

Рисунок 1.6 – Взаємодія агентів

У сфері освіти використання семантичного пошуку може дозволити будувати такі системи контролю за знаннями (оцінки рівня освоєння матеріалу учням), які будуть засновані на інтелектуальному діалозі користувача та автоматичної системи управління дистанційним навчанням. У цьому випадку система не просто звірятиме відповіді учня з правильними шаблонами, а, використовуючи семантичний аналіз тексту, введеного природною мовою, пропонуватиме той чи інший тип візуалізації предметної онтології, що допоможе знайти правильне рішення.

1.2 Класифікація онтологій

Онтології дуже різняться за багатьма параметрами, і дослідники висувають різні обґрунтування для їхньої класифікації. Е. Хові стверджує, що онтології відрізняються за набором елементів, які вони містять, і за типами зв'язків, які вони розкривають [7]. Він розрізняє так звані "термінологічні онтології" та "реальні онтології". Під першою він розуміє онтологію, яка включає в себе відносини між сутностями, явищами, властивостями і предметними областями, а також структурні зв'язки, які їх об'єднують. "Справжня" онтологія також включає дефініційні відношення та відношення додаткових знань. Вона також включає аксіоми, які визначають зв'язки і взаємозалежності між поняттями.

Хові надає детальну класифікацію різних характеристик онтології. Він перераховує такі основні параметри, як форма (як побудована онтологія), зміст і те, як онтологія використовується.

Відповідно до кількості та характеру понять, що містяться в онтології, можна говорити про розбиття онтології. Онтології у верхній зоні зазвичай містять від 100 до 500 понять. Ці поняття містять найбільш абстрактні категорії, які мають властивість універсальності. Вони є основою для категоризації спостережуваної реальності. Зазвичай їх створюють теоретики та філософи. Зазвичай концепти лексикалізовані. Перевагою таких онтологій є те, що їх можна використовувати в багатьох галузях і мовах. Такі онтології характеризуються обмеженим набором узагальнених відношень, які називаються базовими (наприклад, генеалогічні відношення, відношення "частина-ціле", реляційні відношення):

- явище;
- об’єкт;
- сутність;
- роль;
- процес.

Однак цей загальний набір може бути представлений і в скороченому вигляді, наприклад, в онтології MicroKosmos, розробленій С. Ніренбургом і В. Раскіним. На верхньому рівні є лише три категорії: «об'єкт», «процес» і «роль». Автори стверджують, що ця декомпозиція є універсальною в загальній онтологічній семантиці, а отже, у всіх онтологіях високого рівня.

Інший тип – онтологія середньої зони, яка зазвичай має більше елементів (500-100 000 концептів). Ця онтологія представляє весь світ, в даному випадку неаксіматизовану область. Складність полягає в тому, що з цього типу онтології потрібно вивести багато аксіом. Зазвичай цю проблему вирішують за допомогою методів, які автоматично виводять аксіоми з існуючих онтологій. Когнітивісти та лінгвісти часто беруть участь у створенні онтологій цього рівня.

Онтологія нижньої зони є найбільшою за розміром і зазвичай складається з 200-2000 концептів. Ця онтологія конкретно визначає певну предметну область. У той же час, обсяг завдання або питання, на яке відповідає онтологія, обмежений обраною предметною областю. Тому онтологія характеризується наявністю специфічних для предметної області відношень [8]. Ця предметна область є високо аксіоматизованою, і для неї можна встановити велику кількість аксіом і правил. У більшості випадків такі онтології створюються експертами в цій галузі або за допомогою експертів. З цієї причини окремі предметні онтології настільки специфічні, що повторне використання зазвичай можливе лише в межах цієї предметної області.

За цими категоріями онтології можна розділити на глибинні та поверхневі. Поверхневі онтології базуються на поверхневій семантиці і визначають поняття через значення слів. Однак тут питання полягає в тому, скільки значень приписати кожному слову. Глибинні онтології використовують глибинну семантику.

Б. Д. Вілінга та А. Т. Шрайбер виділяють два виміри для оцінки онтологій: «обсяг і тип концептуальної структури та об'єкт

концептуалізації»[9] Однак, як зазначає Н. Гуаріно [10], у першому вимірі критерії розрізнення знань, термінологічних онтологій та онтологій, що моделюють знання, не є чіткими. Найпростіший спосіб розрізнення онтологій – це ступінь деталізації, що використовується для характеристики концептуалізації. Дуже детальна онтологія детально налаштовує концептуалізацію, але за рахунок більш громіздкої мови, яку важко використовувати на практиці. Проста онтологія, з іншого боку, може бути розроблена на основі деяких прихованих умов, які має на увазі її творець, і може використовуватися людьми, які вже згодні з базовою концептуалізацією (і знають про ці припущення).

Розрізняють «посилальні (відомі як офф-лайн) онтології» та «здійснювані (спільні, он-лайн) онтології». Наприклад, прості структури, що визначають лексикон, можна знайти он-лайн, тоді як складні теорії, що визначають значення термінів у лексиці, можна побачити офф-лайн.

З точки зору об'єкта концептуалізації дослідники розрізняють прикладні онтології, онтології предметних областей, загальні (родові) онтології та змістовні онтології (тобто онтології метарівня, що містять значущі ключові елементи) [10].

Онтології можна розділити на одномовні та багатомовні. Вже існує низка онтологій, таких як EuroWordNet та MikroKosmos, які зосереджені на представленні знань більш ніж однією мовою. Складність побудови таких онтологій полягає в тому, що часто існують відмінності в концептуальних системах різних мов.

У цій статті [11] виокремлено особливий тип онтологій – лексичні (або лінгвістичні) онтології. Такі онтології характеризуються «фіксацією в одному джерелі (лексикалізованих) понять (слів) разом з їхніми лінгвістичними властивостями». Такі онтології тісно пов'язані з семантикою граматичних елементів (слів, груп іменників тощо). Основним джерелом понять у цих онтологіях є значення мовних одиниць. Вони також відрізняються набором відношень, зазвичай специфічних для мовних елементів, таких як синонімія,

гіпонімія, мелонімія та багато інших елементів. Мовними онтологіями автори називають WordNet, MikroKosmos, Sensus, RuTes та інші. Завдання, які вирішують такі онтології, тісно пов'язані з обробкою природної мови.

С. А. Коваль [12] розрізняє безекземплярні та екземплярні онтології. Як випливає з назви цього типу онтологій, для безекземплярних характерна відсутність конкретних екземплярів. На нижніх рівнях таких онтологій існують поняття, а не конкретні екземпляри. Ця особливість онтології накладає певний відбиток на зв'язки, закладені в цій онтології.

На рисунку 1.7 показано класифікацію онтологій як це визначила професор Т.А. Гаврилова [13].

Рисунок 1.7 – Класифікація онтологій

За власником або користувачем: індивідуальні (особисті); групові (колективні): державні; належать спільноті (наприклад, науковій); у власності компаній або організацій; публічні (спільні).

За мовою опису: неформалізовані; формалізовані; формалізовані мовами – RDFS, OWL, DAML+OIL тощо.

За сферою застосування: наукові, промислові, освітні.

За метою розробки: для освіти, досліджень, управління, обміну інформацією, електронного бізнесу.

Ці класифікації можна доповнити ще однією класифікацією [14]. Відповідно, всі освітні онтології можна розділити на «важкі» онтології з аксіомами та «легкі» онтології без аксіом.

Іншими словами, O = {C, R, A} – важка онтологія, O = {C, R} – легка онтологія, де O – онтологія, C – множина понять предметної області, R – множина відношень між ними, A – множина аксіом (законів або правил, які пояснюють, як існує поняття). Близько 80% розроблених сьогодні онтологій є «легкими».

Тому існує багато класифікацій онтологій, але ці класифікації не завжди є чіткими та послідовними.

1.3 LMS та їх порівняння

Електронне навчання – це система навчання за допомогою інформаційних та електронних технології. Простими словами це навчання з застосування комп’ютерів. Такий вид навчання має низку переваг:

Перш за все, електронне навчання може використовувати будь-хто, будь-де і будь-коли. Все, що потрібно – це пристрій (ноутбук, комп'ютер, планшет або смартфон) та підключення до Інтернету. Користувачі цього виду освітніх послуг можуть обирати, де вони хочуть навчатися – в транспорті, в дорозі, вдома, а головне там, де їм комфортно і де вони можуть зосередитися.

Різноманітність курсів та лекцій з різних предметів дозволяє їм обрати будь-яку сферу чи напрямок та планувати заняття у зручний та гнучкий спосіб.

Одна з найважливіших переваг – актуальність. Цінність онлайн-матеріалів у тому, що вони постійно оновлюються. Технології не стоять на місці, а люди завжди в курсі останніх винаходів і хочуть знати, як з ними працювати. Майже щотижня ви можете знайти щось нове, вивчити нову

технологію, прочитати найновішу наукову літературу і першими дізнатися останні факти.

Зараз багато країн впроваджують інформаційно-комунікаційні технології у галузь освіти, що підтверджується темпом зростання електронного навчання у різних країнах, рисунок 1.8.

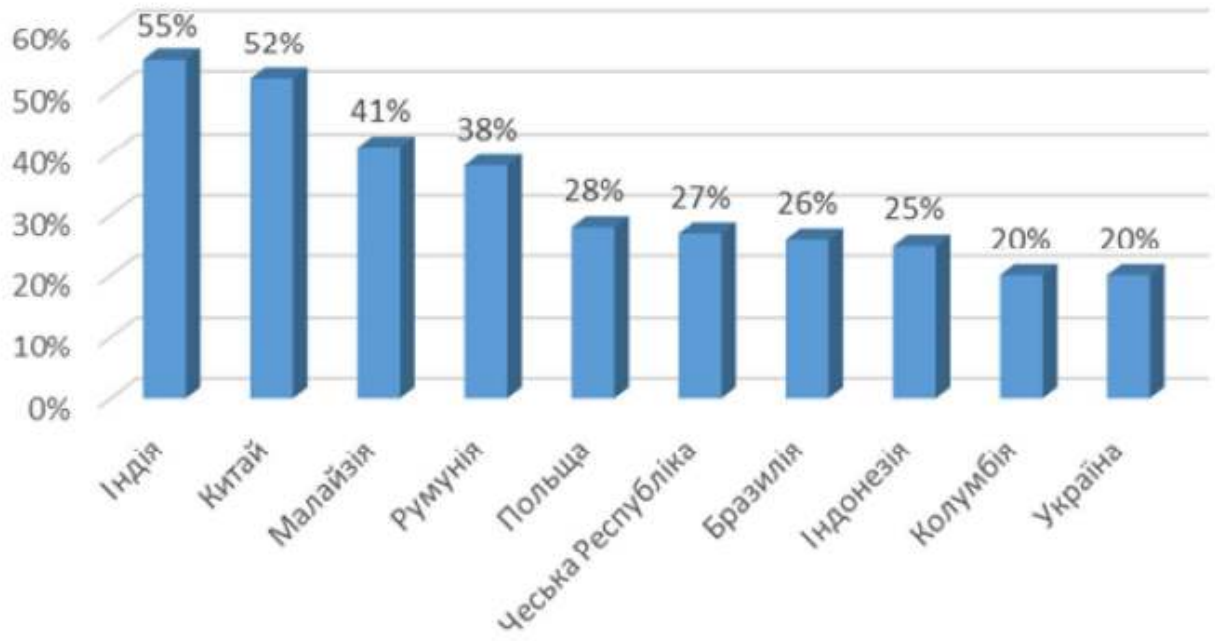

Рисунок 1.8 – Темпи зростання електронного навчання у різних країнах

Дистанційне навчання – форма електронного навчання з компонентами належними до навчального процесу, які реалізуються засобами мережевих технологій. Головна особливість – взаємодія викладача та студента здійснюється на відстані у синхронному режимі, на відміну від заочної форми навчання. Сучасна дистанційна освіта базується на використанні середовищ доставки навчального контенту, методів навчання, засобів надання навчального контенту, інструментів перевірки знань студентів та самого навчального контенту. За допомогою систем управління дистанційним навчанням викладачі взаємодіють зі студентами, що показано на рисунок 1.9.

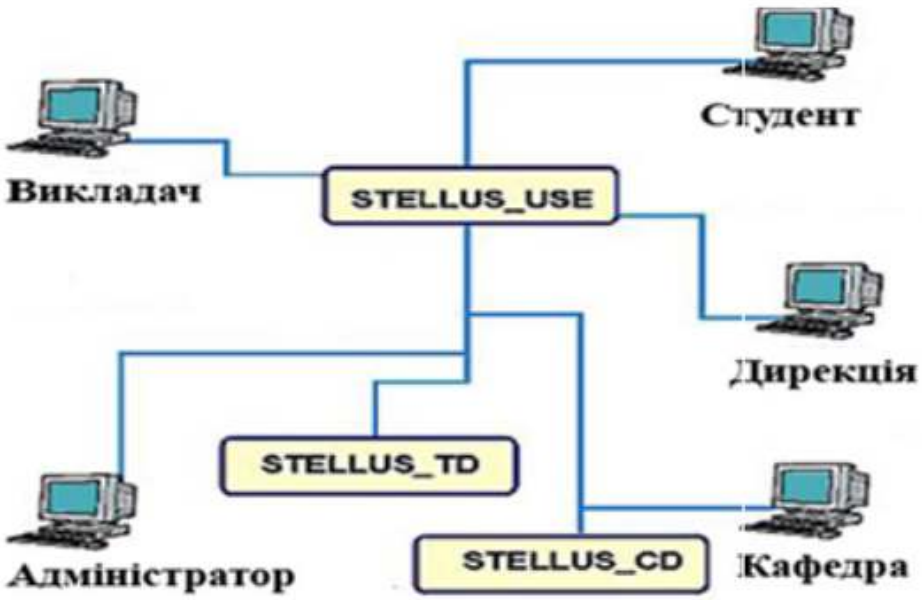

Рисунок 1.9 – Схема організації дистанційного навчання

Викладач визначає тести, веде групи, приймає заліки та екзамени; студент реєструється на курсах, працює з іншими студентами, проходить тести та скаладає заліки; дирекція (деканат, ректорат) керує навчальним процесом; кафедра розробляє навчальний матеріал та складає тести; адміністратор підтримує систему.

LMS (система управління дистанційним навчанням) – інформаційне середовище в якій реалізується дистанційне навчання [6]. Розглянемо найпопулярніші з них та проаналізуємо їх.

Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, вимовляється «Мудл». Moodle, також відома як система управління навчанням (LMS), система управління курсами (CMS), віртуальне навчальне середовище (VLE) або просто навчальна платформа, – це модульне, об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище, яке надає викладачам, студентам і адміністраторам високорозвинений набір інструментів для комп'ютерного навчання, в тому числі дистанційного [4]. Moodle може використовуватися для навчання студентів, учнів, підвищення кваліфікації та професійної

підготовки, для самостійного навчання в комп'ютерних класах в навчальних закладах і вдома. В Європі 2/3 закладів вищої освіти використовують саме Moodle. В Україні, де використання платних платформ дуже обмежене, Moodle практично не має конкурентів. У таблиці 1.1 наведено переваги та недоліки LMS Moodle.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки Moodle

Переваги	Недоліки
Moodle – це система з відкритим вихідним кодом, до якої можна отримати вільний доступ і налаштувати її.	Інтерфейс Moodle може виглядати менш інтуїтивно зрозумілим для новачків у порівнянні з іншими LMS.
Moodle має велику кількість додаткових модулів та плагінів, що дозволяють розширити його функціональність.	Робота з Moodle може вимагати технічних знань та підтримки для налаштування та підтримки системи.
Існує велика активна спільнота користувачів Moodle, яка надає безкоштовну підтримку та ресурси.	
Важливою перевагою є безпека платформи. Система розроблювалася початково надійною та безпечною.	

Blackboard Learn – це інтегрована платформа для навчання та управління навчанням, яка використовується багатьма освітніми установами та компаніями. Надаючи інструменти для створення, проведення та оцінювання курсів, Blackboard підтримує цілий ряд функцій, включаючи завдання, форуми, багатомовну підтримку та інтеграцію з іншими системами. Ключовою перевагою є можливість розширення функціональності за допомогою модулів та розширень.

Інтерфейс Blackboard Learn має два набори інструментів: для вчителів та учнів. Інструменти для вчителя дозволяють користувачам створювати курси, встановлювати час занять у календарі, створювати власну шкалу оцінювання для учнів, обговорювати з користувачами та отримувати аналітичні дані про курс. Аналіз включає статистику успішності, відвідуваності та середніх оцінок студентів.

Учні мають календар, щоб відмічати майбутні та минулі уроки. На сторінці курсу відображається інформація про пройдені теми та завдання, які потрібно виконати найближчим часом. Сповіщення про нові події та повідомлення надсилаються користувачам на електронну пошту або через мобільний додаток. Blackboard Learn дозволяє персоналізувати інтерфейс – компанії можуть брендувати простір, створювати дискусії та додавати функціональність за допомогою інтеграції з системою. Загальні переваги та недоліки можна бачити у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки Blackboard Learn

Переваги	Недоліки
Blackboard Learn має розширені можливості для створення складних навчальних курсів та інтеграції з іншими системами.	Blackboard Learn – платна система, і вартість залежить від кількості користувачів та обраного плану.
Blackboard надає широкий спектр ресурсів та офіційну підтримку для користувачів.	Інтерфейс Blackboard може бути менш інтуїтивно зрозумілим для деяких користувачів.
Викладачі можуть швидко створювати та керувати навчальними матеріалами.	

Canvas – це LMS, розроблена компанією Instructure. Характеризуючись зручним інтерфейсом і простотою використання, Canvas надає інструменти

для створення курсів, завдань, оцінювання та спільної роботи. Вона також має вдосконалену систему ролей, яка забезпечує персоналізований доступ до ресурсів та функцій для кожного користувача. Canvas також відома своєю активною спільнотою користувачів та здатністю інтегруватися з іншими системами.

Таблиця 1.3 – Переваги та недоліки Canvas

Переваги	Недоліки
Canvas славиться своїм дружнім та сучасним інтерфейсом, що легко сприймається багатьма користувачами.	Canvas – платна система, і вартість залежить від типу користувача та інституції.
Canvas має велику кількість розширень та додаткових інструментів для інтеграції з іншими системами.	Деякі розширені функції можуть вимагати додаткових розширень або інтеграцій.
Canvas має сильну спільноту користувачів та відмінну підтримку від Instructure.	

Як і вищеописані системи, Canvas може створювати навчальні курси та управляти ними [5]. На вибір існує декілька ролей: вчитель, студент, батьки або спостерігачі. Як будь-яка система, вона має свої недоліки та переваги, які наведенні у таблиці 1.3.

2 ОНТОЛОГІЧНІ ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ У ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ

2.1 Онтологічні експертні системи

Онтологічна експертна система, ОЕС – це комп'ютерна система, яка розуміє семантику і структуру даних у певній галузі знань та може використовувати ці знання для вирішення проблем. В основі таких систем лежить база знань (БЗ) предметної області, яка постійно поповнюється в процесі використання експертної системи. Збільшення об'єму знань та їх організація – найважливіша властивість ОЕС. Основні компоненти та їх взаємодія показані на рисунку 2.1.

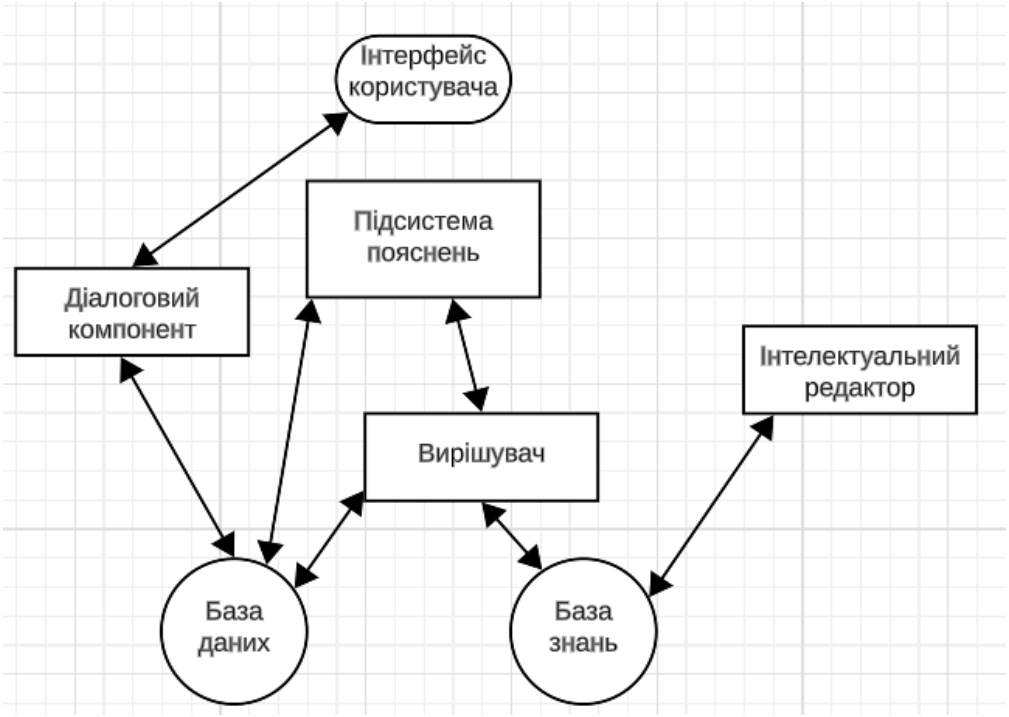

Рисунок 2.1 – Архітектура онтологічної експертної системи

База знань ОЕС складається з однієї або декількох онтологій. Для експертної системи онтологія – це структурований і детальний опис заданої

предметної області, формалізоване представлення, що містить словник, логічні формули (відношення) і правила (набори) термінів і понять (фактів) предметної області.

Представлення, що є словником термінів і понять (фактів), логічних формул (відношень) і правил (наборів інструкцій, які можуть бути застосовані до відомих фактів для отримання нових фактів) предметної області [29].

Набір інструкцій тощо, які можна застосувати до відомих фактів для отримання нових фактів. Іншим завданням є оптимізація набору внутрішніх зв'язків ОЕС для відповідної та корисної візуалізації; для автоматизації процесу введення бази знань може бути розроблена спеціальна програма (підсистема здобуття знань).

В результаті, факти бази знань описують ті явища, які є константними в даній цільовій області. Характеристики, які залежать від умов конкретного завдання, отримуються від користувача в процесі роботи і зберігаються в робочій пам'яті.

Використовуючи вихідні дані з бази знань, вирішувач генерує набір правил, які застосовуються до вихідних даних і забезпечують вирішення проблеми, і передає ці правила до компонента пояснення. Компонент пояснення видає пояснення того, як система вирішила проблему (або чому вона не вирішила) і які знання були використані, що полегшує експертам тестування системи і підвищує довіру користувачів до результатів. З пояснювального компоненту дані поступають до бази даних.

Діалоговий компонент спрямований на встановлення дружнього спілкування з користувачами через спеціальний інтерфейс (інтерфейс користувача) як у процесі вирішення проблем (з'ясування проблем системи), так і в процесі отримання інформації та пояснення результатів.

У розробці та впровадженні ОЕС беруть участь чотири групи: спільнота експертів, інженери по знаннях, програмісти та користувачі. Експерти визначають знання (факти і правила), які характеризують

предметну область і гарантують повноту і коректність інформації, що вводиться в ОЕС.

Інженер зі знань допомагає експерту у визначенні та структуруванні знань, необхідних для роботи ЕС, вибирає найбільш підходящі для предметної області інструменти, вирішує, як представити знання в цих інструментах, вибирає стандартні функції (типові для предметної області), які будуть використовуватися в правилах, що вводяться експертом, і розробляє програму. Виявлення найважливіших зв'язків між поняттями онтології для подальшої оптимальної візуалізації.

Програміст розробляє інструмент, який містить всі основні компоненти експертної системи онтологій (якщо він розробляється заново), містить всі основні компоненти експертної системи онтологій і поєднує їх з середовищем, в якому вони будуть використовуватися. Користувач – це той, хто використовує вже створену ОЕС. Однак, у деяких випадках користувачем може рахуватись:

- програміст, який відслідковує роботу ОЕС;
- інженер по знанням, який уточнює наявні знання в ОЕС;
- експерт, який додає в ОЕС нові знання.

Розробка онтологічних експертних систем включає кілька етапів, що допомагають створити адекватну модель знань для вирішення конкретних завдань. Далі наведені основні етапи розробки онтологічних експертних систем:

- визначення області дослідження. Початковий етап передбачає вибір конкретної галузі або області, в якій буде розроблятися експертна система. Важливо чітко визначити межі області дослідження та встановити, які питання або завдання будуть вирішувати система. Наприклад, можливі галузі включають медицину, фінанси, техніку, освіту та багато інших;

- збір знань. На цьому етапі здійснюється збір знань від експертів у вибраній області. Експерти надають інформацію про правила, факти, терміни, концепції та будь-яку іншу знання, яка є важливою для вирішення

завдань системи. Важливо взаємодіяти з досвідченими фахівцями для збирання надійної та авторитетної інформації;

- створення онтології. Онтологія є ключовим компонентом системи і визначає структуру та організацію знань у вибраній галузі. Онтологія включає в себе ієрархію понять, зв’язки між ними, а також визначення термінів та концепцій. Створення онтології вимагає уважного аналізу та моделювання знань у галузі;

- розробка бази знань. База знань створюється на основі інформації, отриманої від експертів і організованої відповідно до структури онтології. Вона містить факти, правила та інші компоненти, які використовуються для прийняття рішень та вирішення проблем у галузі;

- розробка інференційного механізму. Інференційний механізм відповідає за обробку знань у базі даних та прийняття рішень на основі введених даних та запитів користувачів. Він може використовувати логічні методи, правила і різні види інференції для генерації висновків;

- тестування і налагодження. Після розробки всіх компонентів системи, важливо провести тестування, щоб переконатися, що система працює коректно і відповідає на запити користувачів. Тестування допомагає виявити та виправити помилки та недоліки в системі;

- впровадження та підтримка. Після успішного тестування систему впроваджують у реальному середовищі. Далі проводиться постійна підтримка, оновлення бази знань та інші заходи для забезпечення коректної роботи системи в реальних умовах.

Кожен із цих етапів важливий для успішної розробки онтологічної експертної системи, і відповідна увага до кожного з них допоможе створити дієвий інструмент для прийняття рішень у конкретній галузі.

Інформаційно-семантична система (ISS) – це система, яка функціонує для досягнення певної мети. Знання про сторони об'єкта, на який покладено завдання, називаються семантичною інформацією (SI)[15]; представлення SI можуть бути однорідними або складними.

Семантичні знання про об'єкт класифікуються за типом на первинні та вторинні. Первинне знання – це семантичне знання, яке відображає результати досліджень, розробок, спостережень та інших узагальнень у вигляді знаків і є повним незалежно від форми вираження. З точки зору когнітивної теорії, первинне смислове знання – це фіксоване відображення одного аспекту (сторони) предмета, обраного людиною. Адекватне первинне семантичне знання про об'єкт пізнання – це знання з об'єктивним змістом, що найкраще відповідає цілям, які ставить перед собою людина; ISS теоретично показує наступний принцип трансформації "оригінал – первинне семантичне знання".

Принцип онтологічної топології Семантичне знання про об'єкт є незмінним незалежно від його представлення; у практичному застосуванні функцій СІС цей принцип проявляється у можливості трансформації різних форм представлення СІ об'єкта зі збереженням його смислу.

Повинна існувати конкретна мета або завдання навчання. Ця вимога може бути виконана шляхом вибору серед різних типів онтологічної топології тих, які підходять для поставленої мети, або шляхом попереднього накладання обмежень, визначених формулюванням мети, на множину властивостей (зв'язків), що характеризують вихідний об'єкт, таким чином, щоб відокремити властивості, які необхідні для досягнення мети, і ті, які не є необхідними для досягнення мети, після чого необхідно створити такі педагогічні структури.

Таким чином, семантичне знання про об'єкт, кількісна та якісна визначеність об'єкта, може бути виражене скінченною кількістю фундаментальних властивостей об'єкта, які перебувають у постійній взаємодії і визначаються формулюванням мети об'єкта. «Якщо завдання (мета) не сформульована однозначно, тобто не визначається кінцевим числом фундаментальних властивостей, то питання про обґрунтованість перетворення повністю втрачає сенс». Це твердження теорії МКС чудово відповідає сформульованому в педагогіці висновку про необхідність

діагностичного формулювання цілей навчання: «Цілі в педагогіці повинні бути визначені діагностично, тобто точно і чітко, так, щоб можна було зробити чіткі висновки про ступінь їх реалізації».

Створення онтологічної моделі зі спрощеною структурою. Таке позиціонування реалізується через: а) усунення впливу звичайних концептів на вихідний текст і рефлексивні концепти або регулювання спеціальних впливів; б) усунення впливу рефлексивних концептів на вихідний текст.

2.2 Основні редактори онтологій

Основна функція редактора онтологій – формалізація знань і представлення структур онтологій у вигляді специфікацій (точних і вичерпних описів).

Останні РО здебільшого надають набір сервісів. Лише деякі з них мають додаткові засоби для аналізу онтологій та використання механізмів логічних міркувань. Структури онтологій можуть бути використані для визначення основних положень (концептів) предметної області та опису зв'язків між ними. Надання можливості людям поділяти спільний погляд на структуру знань є однією з головних цілей розробки структур онтологій. Процес створення структури онтології складається з побудови наступних блоків[16]: класів та їх властивості; екземпляри класів; відношення між класами.

Процес створення структури онтології часто є ітеративним. Спочатку створюється приблизний план, а потім, за необхідності, деталі уточнюються. Цей процес триває до тих пір, поки структура онтології не буде відображати поняття даної предметної області з певним ступенем точності [17, 18].

Розробка структури онтології включає визначення класів онтології, створення ієрархій класів (визначення базових класів та підкласів), визначення властивостей класів та їх допустимих значень, а також

заповнення значень властивостей для екземплярів класів. Нижче описано деякі РО та проведено їх порівняльний аналіз за певними критеріями.

Редактор онтологій «Ontolingua» – це перший інструмент інженерії онтологій, розроблений в Стенфордському університеті, що складається з сервера і мови представлення знань [19].

OntoStudio – це редактор онтологій. OntoStudio, який спочатку називався OntoEdit, був створений в Університеті Карлсруе, є комерційною розробкою для інтуїтивно зрозумілого і простого у використанні створення і редагування онтологій. Вона підтримує імпорт великої кількості різних структур, схем і моделей, а також має інструменти для перегляду класів, екземплярів класів і зв'язків [20].

OilEd Ontology Editor – це незалежний графічний редактор онтологій (oiled.man.ac.uk), створений в рамках проекту On-To Knowledge і вільно розповсюджуваний на умовах Загальної публічної ліцензії (GPL). Він вільно розповсюджується на умовах GPL (General Public License).

WebOnto Ontology Editor – це Java-додаток, призначений для перегляду, розробки та модифікації структур онтологій. Він дозволяє створювати класи з множинним успадкуванням. Класи з множинним успадкуванням можуть бути створені за допомогою програмного забезпечення WebOnto, що має функціональну особливість відображення зв'язків, класів і правил [21].

Редактори онтологій "ODE" та "WebODE". Середовище проектування онтологій взаємодіє з користувачем на рівні концепцій і надає набір таблиць для заповнення, включаючи концепції, атрибути, зв'язки і коди (автоматично), згенеровані Ontolingua, LOOM і F Logic. Програмне забезпечення ODE було вдосконалене в редакторі онтологій WebODE шляхом інтеграції всього інструментарію ODE в єдину архітектуру і зберігання онтології в реляційній базі даних (РБЗ) [22].

Protégé Ontology Editor [23] розповсюджується безкоштовно і призначений для розробки (проектування, модифікації та перегляду) структур онтологій у конкретних предметних галузях (рисунок 2.2).

Програма дозволяє проектувати онтології шляхом розробки ієрархічної структури, що складається з абстрактних і конкретних класів і слотів. Програма дозволяє проектувати онтології шляхом розробки ієрархічної структури, що складається з абстрактних і конкретних класів і слотів. Після створення структури онтології можна створити форму збору знань для опису екземплярів класів і підкласів. Protégé підтримує використання мови OWL, а також може генерувати HTML-документи, що відображають структуру онтології. Використовуючи OKVS, модель фреймворку представлення знань, Protégé може бути адаптований для організації не тільки моделей предметної області, представлених у OWL, але й моделей предметної області, представлених в інших форматах. У таблиці 2.1 представлено порівняльний аналіз редакторів онтологій за вісьмома основними критеріями.

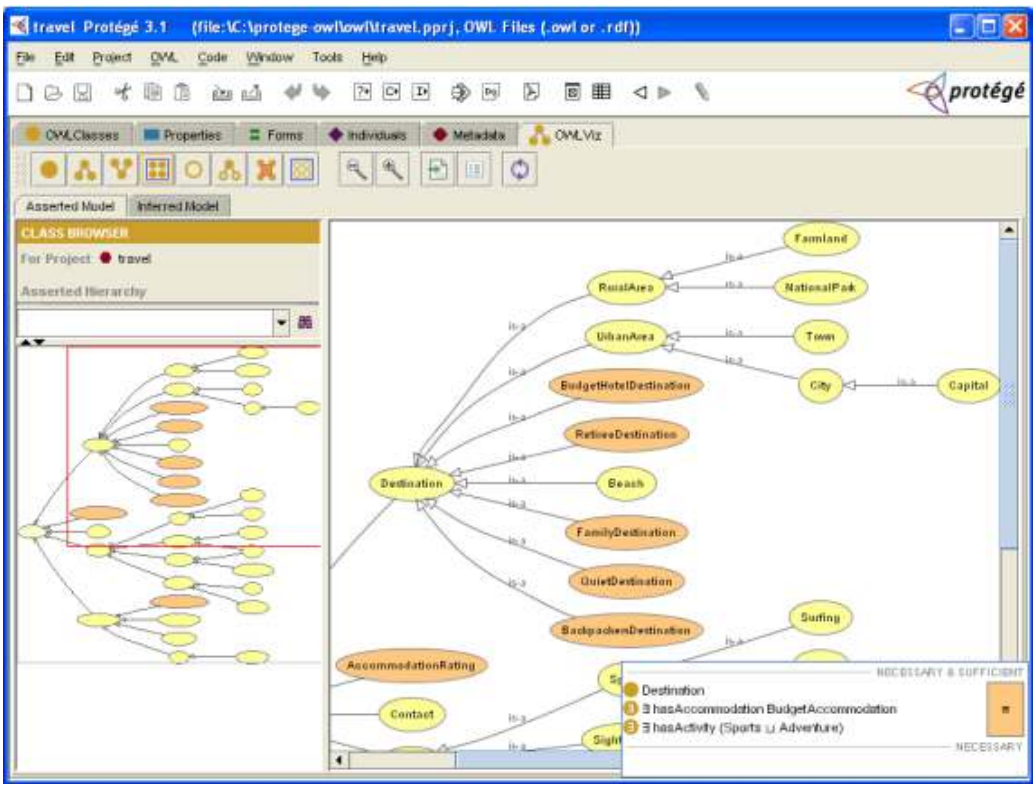

Рисунок 2.2 – Інтерфейс програмного забезпечення Protégé

Таблиця 2.1 – Порівняння редакторів онтологій

№	Критерій	Ontolingua	OntoStudio	OilEd	WebOnto	WebOde	Protege
1	Відкрита архітектура	-	-	-	-	-	+
2	Розширюваність архітектури	-	-	-	-	-	+
3	Мови, формати	OKBC, KIF	OWL, RDF(S), RIF, SPARQL	DAML+OIL	OCML	F-Logic, LOOM, Ontolingu	OWL, JDBC, UML, XML, XOL, SHOE, RDF(S), DAML+OIL
4	Модулі, що дозволяють розширити функціональність	-	-	-	-	-	+
5	Вільне завантаження	+	+	+	+	+	+
6	Колективне мережеве віддалене редагування	+	-	-	+	-	+
7	Підтримка логічного виводу	-	-	+	-	-	+
8	Підтримка кількох плагінів	-	-	-	-	-	+

Якщо аналізувати організатори онтологій, то Protégé перевершує їх за низкою ключових характеристик:

- відкритість та вільна розширюваність архітектури;
- підтримка всіх найпоширеніших мов представлення знань;
- підтримка модулів, які дозволяють розширити функціональність (адаптувати Protégé для роботи з новою мовою простіше, ніж створити редактор для цієї мови);
- підтримка глобальної спільноти користувачів, серед яких розробники, дослідники, представники державних та корпоративних структур, які використовують Protégé для вирішення інформаційних задач у різних галузях, таких як моделювання підприємств, збір інформації, біомедицина тощо;
- безкоштовне завантаження з офіційного сайту разом з плагінами та структурами онтологій;
- підтримка декількох плагінів для візуалізації [24].

З наведеного вище огляду можна дійти невтішного висновку, що методи інженерії знань, зокрема програмні кошти на побудови предметних онтологій, можна інтегрувати у загальну концепцію розробки. Створення структури онтології – дуже складне завдання, але можна сказати, що, якщо вона побудована правильно і охоплює все основні поняття та зв'язку предметної області, то розробка з її основі буде максимально повної та може автоматично доповнюватися новими «гілками» під час наступних модифікацій структури онтології.

3 РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

3.1 Розробка онтології для інформаційного забезпечення процесу дистанційної освіти

Онтології визначають терміни в предметній області, дають їх інтерпретацію і містять описи, які розмежовують зміст цих термінів. Онтології використовуються для фіксації знань, пов'язаних з будь-якою сферою інтересів, для визначення термінів і понять, пов'язаних з обраною предметною областю, а також для опису зв'язків між цими термінами.

В принципі, процес розробки онтології («Ontology Engineering») має кілька етапів. Спочатку визначаються терміни предметної області та їх взаємозв'язки, після чого визначаються власні поняття предметної області. Далі концепції організовуються в ієрархії, визначаються атрибути та властивості класів (підкласів – суперкласів) і накладаються обмеження на їхні значення. Потім визначаються окремі особи або екземпляри і присвоюються значення атрибутам і властивостям.

Розробка онтології є циклічним процесом і завжди починається з опрацювання базового набору понять у даній предметній області та визначення того, як ці поняття пов'язані між собою. Структура онтології зазвичай складається з двох частин: імен важливих понять та інформації або знань про ці поняття.

Процес побудови онтології означає, що, маючи визначення поняття, можна послідовно записати його у вигляді об'єктів, створивши онтологію. У процесі проектування онтології також визначаються властивості, які не є поняттями, але формують об'єктні відношення. Метою є визначення та специфікація через властивості мережевої структури об'єктів предметної

області системи дистанційної освіти. Спроектована онтологія може бути перевірена за допомогою спеціальних інструментів (reasoner).

Для роботи з онтологіями можна використовувати фреймворк логіки опису. Логіки опису – це сімейство мов представлення знань, які забезпечують формальний опис понять предметної області. Визначення онтології формальною мовою дозволяє не тільки чітко визначити онтологію, але й довести несуперечливість онтології та обробляти різні запити до неї. Такі доведення гарантують перевірку коректності онтології та дозволяють виконувати доведення на множині онтологій з точки зору узгодженості двох або більше онтологій.

Логіка опису об’єднує в собі багаті виражальні можливості та обчислювальні властивості, такі як можливість розв'язувати базові логічні задачі та відносно низьку обчислювальну складність, що дозволяє застосовувати їх на практиці. Сімейство логік опису – це загальний клас логік, спеціально розроблених для моделювання онтологій. Це мова для вираження тверджень про факти та тверджень про те, що є істинним.

Використання теорії логіки опису для побудови онтологій означає використання формалізмів для представлення знань. Властивості таких формалізмів наступні:

- формальна семантика;
- декларативний характер опису;
- знання того, що формалізм є вирішуваним фрагментом логіки першого порядку;
- наявність ефективних алгоритмів логічного виведення.

Поняття логіки опису є інструментом для запису знань про визначену об'єктну область, які можна розділити на загальні знання про поняття та їх взаємозв'язки і знання про окремі об'єкти, їх властивості та їх взаємозв'язки з іншими об'єктами.

Візуальний спосіб проектування онтологій сприяє швидшому та повнішому розумінню структури знань про предметну область. Таким

інструментом для створення онтологій слугує редактор Protégé 5.5.0. Фрагмент онтології системи дистанційної освіти, створеної за допомогою цього редактора, показано на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Фрагмент онтології системи дистанційної освіти

Для забезпечення максимальної сумісності з іншими додатками в якості мови представлення онтології використовується синтаксис RDF/XML. Основною складовою онтології є клас owl: Class. Найважливішим з них є обов'язковий клас owl: Thing. Цей клас представляє множину всіх можливих об'єктів онтології, а всі інші класи є підкласами цього класу. Відповідно до встановленої таксономії, в цільовій предметній області системи дистанційної освіти виділяється шість рівноправних класів.

3.2 Автоматичні методи побудови онтологій

Розробка онтологій зараз стає все більш поширеним явищем, і в цій галузі відбулася низка важливих подій. Існує багато різних списків і баз даних, але проблема полягає в тому, як забезпечити їхню актуальність,

точність і повноту, а також достатню деталізацію даних. Світ стрімко змінюється, розвиваються нові галузі, тому існуючі онтології потребують постійного оновлення та вдосконалення. На сучасному етапі розробляються ідеї автоматичних і напівавтоматичних методів не тільки оновлення онтологій, але навіть їх створення.

Існують різні способи розширення онтології, які є специфічними для онтології різних областей. Розширення найбільш загальних верхніх областей вимагає детальної теоретизації, після чого можна будувати концепції та аксіоми. Для онтологій проміжних областей з великою кількістю понять можна використовувати кластеризацію для автоматичного збору понять. У процесі обробки великих обсягів інформації концепти агрегуються і розподіляються по класах на основі деяких спільних характеристик. Існує низка методів, що дозволяють підвищити точність вилучення семантично пов'язаних сімейств понять. Цей тип аналізу може також генерувати перехресні посилання в онтології. Однак для онтології важливо не тільки знати, що поняття пов'язані між собою, але й знати, як вони пов'язані. Для визначення таких зв'язків між поняттями також можна використовувати автоматизовані методи, які переглядають та аналізують різні тексти. Це пов'язано з тим, що існує обмежена кількість моделей вираження, які за своєю природою висувають визначення, в яких можна сформулювати типи зв'язків між поняттями і ввести ці дані в онтологію. Таким чином, записи в словнику можуть бути відібрані та проаналізовані для визначення семантичних інтерпретацій слів та їх початкової структури визначення [25]. У цьому підході зв'язки між елементами онтології можуть бути визначені шляхом аналізу корпусу і пошуку шаблонів, що відповідають кожному типу зв'язків. Хові стверджує, що збір окремих екземплярів здійснюється шляхом роботи над великою ресурсною базою, але спочатку формулюються деякі параметри, які вказують, які саме екземпляри потрібні [7]. Це можна проілюструвати на конкретних прикладах.

Наприклад, якщо потрібно зібрати назви столиць, то критерії пошуку можна сформулювати за моделлю «X – столиця ...». У цьому випадку можна використовувати не одну, а кілька моделей. Таким чином, пошук окремих випадків зводиться до аналізу тексту на предмет виявлення випадків з цими конструкціями. Це можна проілюструвати на конкретному прикладі. Якщо потрібно зібрати назви столиць, наприклад, «X – столиця ...», критерії пошуку можна побудувати за моделлю «X – столиця ...». У цьому випадку можна використовувати не одну, а кілька моделей. Таким чином, пошук окремих випадків зводиться до аналізу тексту на предмет виявлення випадків з цими конструкціями. Це можна проілюструвати на конкретному прикладі. Якщо потрібно зібрати назви столиць, наприклад, «X – столиця ...», критерії пошуку можна побудувати за моделлю «X – столиця ...». У цьому випадку можна використовувати не одну, а кілька моделей. Таким чином, пошук окремих екземплярів зводиться до аналізу тексту на предмет виявлення екземплярів з цими структурами.

Такі шаблони можна створювати вручну або автоматично за допомогою самонавчального програмного забезпечення.

Окрім пошуку окремих екземплярів, важливо також встановлювати різноманітні зв'язки між елементами онтології та класами. Розділимо всі методи пошуку зв'язків між елементами онтології на дві категорії: шаблонні підходи та методи з використанням кластеризації. При використанні шаблонних методів дослідники шукають мовні моделі, які вказують на тип зв'язку між класами. Найчастіше використовуються шаблони відношення «частина-ціле».

Маючи базовий список категорій, кількість категорій можна збільшити, звернувшись до корпусу текстів. Корпус визначає набори елементів зі схожими значеннями, оцінює тісноту зв'язків між елементами і присвоює кожному набору ім'я, пов'язане з категорією, яка є частиною онтології. Таким чином, онтологія автоматично поповнюється новими елементами і автоматично визначається місце нових елементів в ієрархії категорій.

Як уже згадувалося вище, онтології включають не лише класи та окремі екземпляри, але й аксіоми. Аксіоми роблять значний внесок у розвиток інформаційного аналізу і дозволяють комп'ютерам доповнювати тексти інформацією, яка нам здається тривіальною. Аксіоми повідомляють комп'ютеру, наприклад, що два речення означають одне й те саме або що один факт тягне за собою існування іншого факту. Методи автоматичного вилучення аксіом з тексту з подальшою класифікацією та перевіркою відповідності. Основною проблемою автоматичного виявлення аксіом автори називають проблему виявлення симетрії аксіом, а також генерування некоректних або занадто загальних припущень. Автори покладаються на припущення про подібність сенсу в подібних контекстах і доповнюють його власними обмеженнями. Ключовим моментом тут є визначення того, як обчислювати контекстуальну близькість і концептуальну близькість. На думку авторів, методології виявлення аксіом можуть виокремлювати відповідні аксіоми з невеликим відсотком помилок.

У багатьох випадках проблема автоматичного вилучення полягає у великій кількості «шуму», який необхідно ефективно відфільтрувати. У зв'язку з цим, окрім автоматизованих методів, отриманий матеріал можна також обробляти вручну для отримання більш точних даних.

Для систем автоматичного вилучення даних для онтологій можна виділити наступні вимоги:

- мінімальний контроль – мінімізація або повне виключення людського втручання;
- універсальність – має бути застосовна до різних джерел інформації, залежно від їхнього розміру, галузі знань тощо;
- точність – отримана інформація повинна бути максимально точною.

Виконання цих вимог дозволить створити ефективну систему автоматичного створення онтологій. З іншого боку, всі існуючі системи потребують модифікації або вдосконалення, або добре працюють лише по відношенню до закритих областей знань.

Однак жодна онтологія не є корисною ізольовано, і її перевага полягає в тому, що вона може бути повторно використана в новому середовищі. Існує кілька алгоритмів для об'єднання декількох вже створених онтологій [26, 27]. Ці методи використовуються для злиття онтологій і пошуку відповідностей між словами в інших мовах (в цьому випадку онтологія виступає як міжмовна точка відліку).

Злиття двох онтологій відбувається в кілька етапів. На першому етапі знаходять об'єднуючі зв'язки і на їх основі виконують злиття. Потім викликається алгоритм вирівнювання, який знаходить положення елементів у новій структурі на основі їх визначення. Наступним етапом є перевірка результатів злиття в контексті.

Як вже було сказано, існує ряд алгоритмів для пошуку зв'язків між двома онтологіями.

Існує кілька способів виявлення зв'язків:

- текстові збіги;
- збіги ієрархічних відносин;
- збіг форматів та даних.

Під відповідністю тексту мається на увазі ідентичність назв понять [28] (тут також враховуються синоніми) і текстового опису (наприклад, порівняння рядків, перетворення, виключення стоп-слів).

Ієрархічий збіг передбачає пошук спільних концептів вищого рівня, фільтрацію неоднозначності, пошук семантичної відстані та розподіл семантичних груп. Зіставлення форми та даних ґрунтується на внутрішньо концептуальних зв'язках та обмеженнях вкладеності.

Після розробки алгоритму використовується функція, яка враховує результати всіх процедур і виводить загальний відсоток збігів. Виявлення зв'язків також включає процедуру перевірки, яка враховує ієрархічні відносини між пов'язаними поняттями. Ця процедура намагається знайти невідповідності та замкнені цикли, а також перевірити успадкування ознак.

Для визначення тотожності понять використовують спеціально сконструйовані критерії. Наприклад, композитний критерій, запропонований Н. Гуаріно, перевіряє схожість за кількома параметрами:

- матеріальна: ідентичність матеріалу, з якого виготовлені екземпляри порівнюваних понять;
- топологічна: тотожність форм екземплярів порівнюваних понять;
- морфологічна: частини, з яких складаються екземпляри порівнюваних понять;
- функціональний: вживання;
- меронімічний: екземпляр поняття;
- соціальний: соціальна роль.

Враховуючи можливість стандартного метонімічного руху, онтологія стала гнучкішою і збільшилася можливість знаходження семантично близьких понять.

Описаний раніше метод є напівавтоматичним. Тобто, спочатку автоматично генеруються варіанти відповідності, а потім онтології зв'язуються вручну в кілька кроків; як зазначає Е. Хові [28], статистика показує, що ці процедури мають досить високу точність і дають хороші результати. Так, використання таких алгоритмів автоматичного вирівнювання при створенні онтології SENSUS дало точність понад 90%.

Позитивним побічним продуктом використання процедур злиття є можливість виявлення помилок і пропусків в онтології. Злиття онтологій також можна використовувати для вирішення проблеми дублювання. На цьому етапі розробки конкуруючі або взаємозалежні команди можуть створювати схожі моделі для областей знань, що частково перетинаються.

Такі перетини неминуче підривають логіку. Звичайно, деякі перетини необхідні.

Однак Е. Хові [28] вказує, що при інтеграції онтологій може виникнути низка проблем, які важко вирішити автоматичними методами.

Наприклад, експерти з різних дисциплін можуть посилатися на одне й те саме поняття, але розуміти його по-різному. Проблеми також виникають, коли одне і те ж слово позначає різні поняття в різних предметних областях.

Вирішенням цієї проблеми є налагодження тіснішої комунікації між укладачами онтологій та використання ширшої онтології, яка може бути застосована до різних галузей знань.

3.3 Застосування онтологічного підходу до управління вищими навчальними закладами

Інформація є ключовим ресурсом, який дозволяє вищим навчальним закладам формулювати свої цілі та завдання, координувати діяльність усіх підрозділів та приймати своєчасні, точні та обґрунтовані рішення для досягнення спільних стратегічних цілей розвитку. Використання сучасних передових інформаційних технологій дозволяє своєчасно надавати інформаційні ресурси та збирати інформацію про освітні процеси. Проте така розвинена інформаційна інфраструктура не гарантує ефективної комунікації між суб'єктами системи в процесах прийняття управлінських рішень та розвитку, тобто не підтримує взаємозв'язок функцій інституційного управління (планування, організація, контроль).

Найбільш ефективним способом автоматизації управління вищими навчальними закладами є створення єдиного інформаційного простору. Вирішенням цієї проблеми є створення єдиної автоматизованої інформаційної системи вищих навчальних закладів. Таким чином, ключовим викликом для вищих навчальних закладів є впровадження інформаційних технологій не тільки в навчальний процес, але і в систему управління закладом в цілому.

Тепер розглянемо застосування онтологічного підходу до створення єдиного простору знань для вищих навчальних закладів. Для цього

представимо процеси діяльності вищих навчальних закладів через онтологічну модель.

Навчання у вищих навчальних закладах здійснюється за Болонською кредитно-модульною системою, яка базується на двосеместровій системі з двома модулями в кожному семестрі.

Організація навчального процесу представлена на рисунок 3.2.

Рисунок 3.2 – Онтологічна система «Організація навчального процесу»

Вищі навчальні заклади включають певний перелік інститутів, факультетів, кафедр, коледжів та професійно-технічних училищ. Організаційна структура вищих навчальних закладів показана на рисунку 3.3.

Рисунок 3.3 – Онтологічна система «Організаційна структура закладу освіти»

Студенти навчаються за переліком спеціальностей та освітніх програм денної та заочної форм навчання. Навчальні програми за рівнями вищої освіти показані на рисунку 3.4.

Рисунок 3.4 – Онтологічна система «Освітні програми»

Ієрархія навчального складу побудована таким чином, щоб його було найлегше зрозуміти та сприйняти (рисунок 3.5).

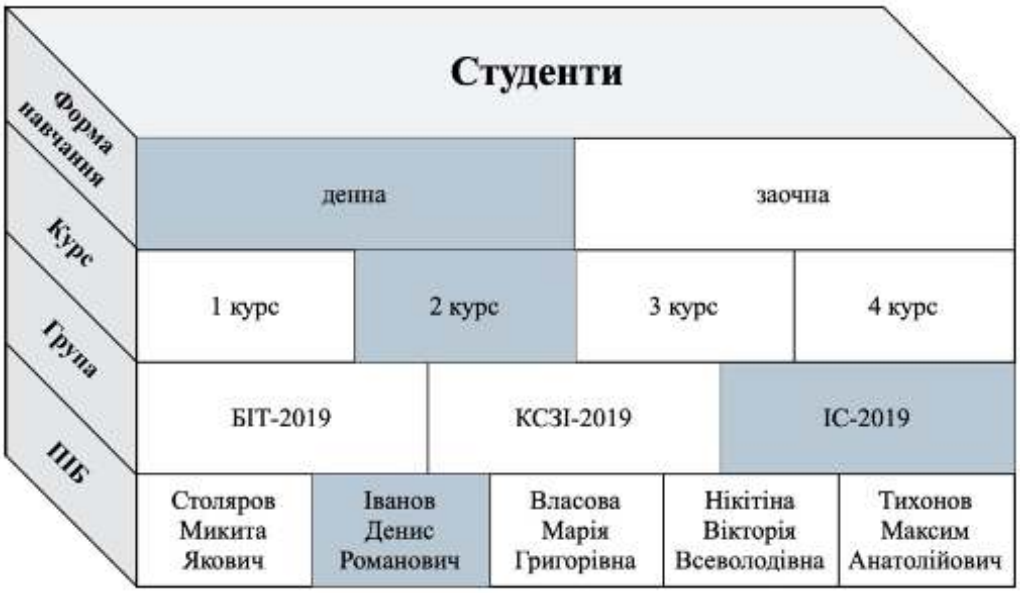

Рисунок 3.5 – Онтологічна система «Студенти»

Педагогічні та методичні дослідження у вищих навчальних закладах здійснюють кафедри, що складаються з професорів, доцентів та старших викладачів. Інформація про професорсько-викладацький склад у вищих навчальних закладах представлена на рисунок 3.6.

Рисунок 3.6 – Онтологічна система «Науково-педагогічні працівники»

З такої багатовимірної моделі можна створити простий плаский звіт. Стовпчики та рядки звіту містять категорії (аспекти моделі), а клітинки – індикатори. Прикладом може бути дослідницька діяльність вищого навчального закладу:

- проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт;
- організація та участь у наукових конференціях, форумах та виставках;
- підготовка та публікація результатів досліджень у вигляді відеозвітів, монографій, статей та тез доповідей.

Для того, щоб автоматично контролювати належний рівень інформаційного забезпечення навчання, дидактичне та методичне забезпечення навчального компоненту також структурується за моделлю, наведеною на рисунку 3.7. Тут показано навчальний компонент таким чином, щоб було відомо, які публікації відносяться до певного блоку навчальної програми.

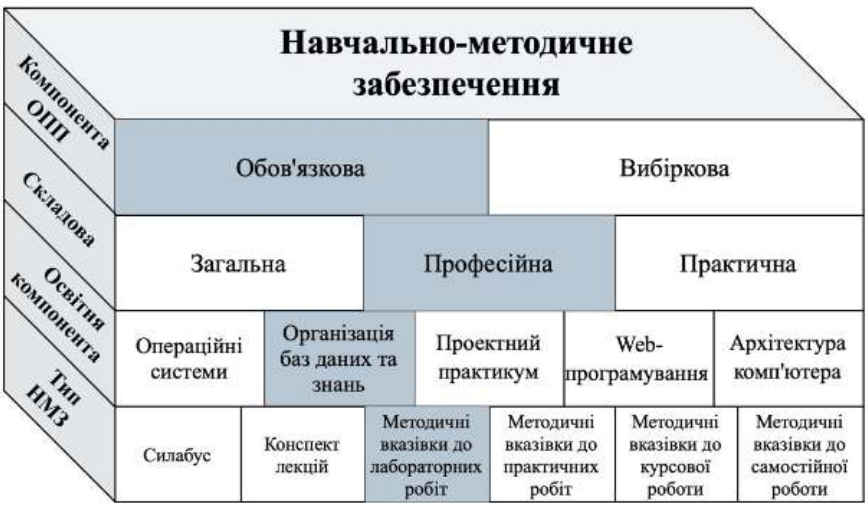

Рисунок 3.7 – Онтологічна система «Навчально-методичне забезпечення»

Визначення систем дистанційної освіти дає змогу виокремити певні кластери залежно від ролі систем дистанційної освіти в освітньому процесі закладів вищої освіти та принципів використання, а також здійснити

проектування систем дистанційної освіти відповідно до необхідних характеристик (рисунок 3.8).

Рисунок 3.8 – Онтологічна система «Системи дистанційного навчання»

Особливу увагу слід приділити навчальним матеріалам та технічному забезпеченню з урахуванням стандартів та показників якості. Модель автоматизованого моніторингу поточного стану обладнання у вищих навчальних закладах показана на рисунку 3.9 .

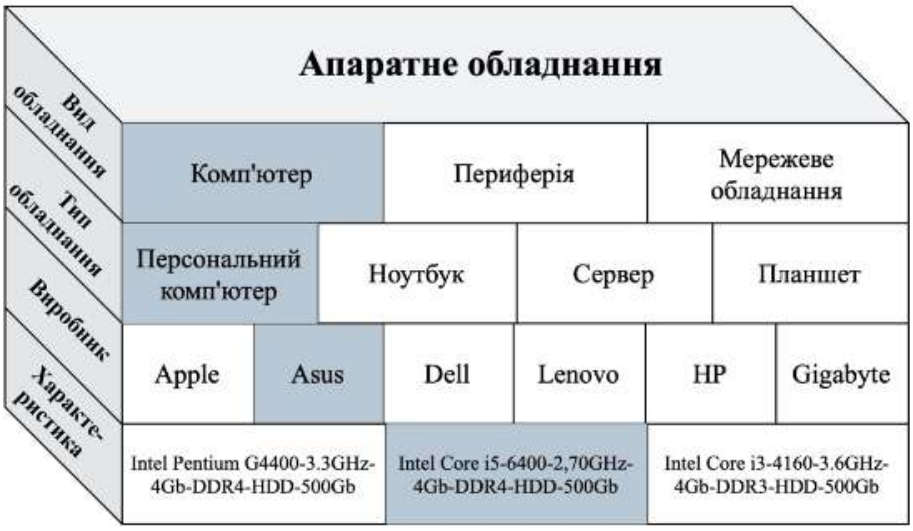

Рисунок 3.9 – Онтологічна система «Апаратне обладнання»

Моделі показані на рисунках 3.2 – 3.9, дозволяють відображати всю інформацію про організаційні, інформаційні, матеріальні та трудові ресурси в таких завданнях, як автоматизований облік, аналіз діяльності та управління ситуацією в предметній області системи дистанційної освіти. Наведені моделі має характеристики універсальності, масовості та достовірності і може бути застосована до будь-якого вищого навчального закладу України.

3.4 Аналіз використання онтологічного підходу до системи дистанційного навчання

Існують переваги та недоліки застосування онтологічного підходу для створення єдиного домену знань.

По-перше, онтології дозволяють створити єдину, структуровану і прозору систему дисциплін, курсів і циклів. Це, в свою чергу, допомагає викладачам створювати нові курси та розвивати старі, уможливлюючи застосування дидактичного принципу систематичного та послідовного навчання. Це дає студентам можливість розуміти логіку та послідовність змісту знань, які вони засвоюють, а також здобувати принципово нові джерела знань з точки зору власних компетенцій.

По-друге, створена онтологія дає можливість отримувати нову інформацію про конкретну предметну область за допомогою логічних запитів. В результаті використання цього методу можна отримати структуру проектованої предметної області у вигляді нових об'єктів, які можуть бути отримані в результаті візуального аналізу або семантичних запитів.

По-третє, онтології можна використовувати для пошуку і створення навчальних ресурсів. В даний час для пошуку інформації використовуються спеціалізовані пошукові сервери, такі як пошукові системи, тематичні інтернет-каталоги і метапошукові системи. Незважаючи на значний прогрес в області машинної інтерпретації та реалізації пошукових запитів, основною

проблемою при доступі до Інтернету залишається ручний пошук необхідних даних в порожніх списках або великій кількості пошукових записів.

Причиною такого ефекту є неефективна робота пошукових систем, які не враховують семантику запиту. Це пов'язано з тим, що основним методом пошуку є використання методів індексування лексики інформаційних джерел і відсутня можливість аналізу сенсу інформації, представленої в джерелах.

У більшості випадків реляційні моделі, які оцінюють релевантність досліджуваного контенту пошуковому запиту, не можуть вирішити проблеми розпізнавання і пошуку синонімів (граматичних і особливо лексичних), паронімів і багатозначних слів. Це пов'язано з тим, що моделі реляційного пошуку ґрунтуються на лінгвістичному підході та наборі синтетичних критеріїв оцінки, таких як позиція слова на сторінці, які неможливо розпізнати без розуміння сенсу пошукового запиту.

З іншого боку, в рамках теорії семантичного простору (концептуального простору) оцінка інформаційної релевантності між одним документом (пошуковим запитом) та іншим (цільовим документом) є проекцією концептуального простору запиту на концептуальний простір документа. Чим більш змістовною є ця проекція, тим більшою мірою аналізований контент відповідає змісту пошукового запиту. Семантичний пошук – це пошук семантичних аспектів усіх складових об'єкта в інформаційному просторі.

ВИСНОВКИ

Таким чином, після ретельного дослідження можливостей онтологічного підходу в освіті та, зокрема, його застосування до створення систем управління дистанційним навчанням, було виявлено та обґрунтовано кілька перспектив розвитку цієї ідеї. Було виявлено, що предметні онтології як структурні основи знань дозволяють реалізувати принципи масового варіативного навчання та здатні забезпечувати траєкторії навчання, які відповідають індивідуальним потребам. Крім того, можна створювати системи оцінки рівня освоєння матеріалу, які базуються на семантичному пошуку, оптимальній візуалізації онтології та інтерактивному діалозі за допомогою спеціальних програм, таких як інтелектуальні агенти, програми конструкторів моделей, інтерактивні тренажерні комплекси та системи шаблонів контрольних завдань.

Онтологічний підхід виявився корисним для вирішення проблеми автоматизації управління навчальним процесом. Він допоміг у структуруванні предметного змісту дисциплін, а також у розробці планів для викладачів і робочих програм. Природно, що об’єднання цих двох завдань призвело до створення мережевого співтовариства, яке складається з учнів і вчителів.

Системи управління освітою завжди прагнули створити індивідуальні траєкторії навчання, які відповідають стартовим можливостям, особистим уподобанням і індивідуальному темпу вивчення матеріалу. Це стосується як традиційних, так і інноваційних шкіл. Наближаючись до вирішення проблеми індивідуальних траєкторій масового навчання, ми можемо створити ядро такої системи, яка базується на онтологічній бази знань.

Однак перші спроби такого підходу не були успішними. Це було пов'язано в основному з недостатньою глибиною ієрархії графів змісту та нехтуванням якістю і кількістю необхідних «горизонтальних» зв'язків. Після

створення предметної онтології з п'яти-шестирівневою концептуальною структурою запитів до бази знань стало можливим об'єднання внутрішньо- і міждисциплінарних зв'язків для створення індивідуальних траєкторій навчання.

Було показано, що онтологічна експертна система управління дистанційним навчанням, будучи підмножиною інформаційних семантичних систем, підпорядковується основним принципам їх топології, цілепокладання, комунікаційної та логічну інтерпретацію.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Jeffrey T. Pollock Semantic Web for dummies / Wiley Publishing, Inc. — Indianapolis: Wiley Publishing, Inc. 2009. – 432 c. – ISBN 978-0470396797.

2. Tanenbaum A. Modern Operating Systems: Pearson; 4th edition, 2014. – 1134 c. – ISBN 978-0133591620

3. Онтологія (інформатика) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Онтологія_(інформатика)

4. LMS – система управления обучением [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://roi4cio.com/categories/category/lms-cistema-upravlenija-obucheniem

5. Moodle [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Moodle

6. Moodle vs Canvas 2021 – Which LMS is better? [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://edwiser.org/blog/moodle-vs-canvas

7. Ding L., Kolari P., Ding Z., Avancha S., Finin T., Joshi A. За допомогою ontologies в Semantic Web: a survey. Ontologies: handbook of principles, concepts and applications in information systems. Springer US, 2006. P. 79–114.]

8. Захарова І. В. Математична модель семантичного пошуку з використанням онтологічного підходу: Автореф. дис. канд. фіз.-мат. наук. Челябінськ, 2009. 20 с.

9. Gennari JH, Musen MA, Fergerson RW, Grossolo WE, Crubézy M., Eriksson H., Noy NF, Tu SW Розвиток захисту: природа для пізнання базованих систем розвитку. International Journal of Human-Computer Studies. 2003. Vol. 58. №1. P. 89–123.

10. Gruber T.R. Translation approach до портативної онтології specification. Knowledge Acquisition.1993. Vol. 5. № 1. С. 199–220.

11. Pantel P., Lin D. Статистичний корпус-базований терм extractor.

Proc. of Canadian Conf. on AI. 2001. С. 36–46.

12. Syafrullah M., Salim N. Improving Term Extraction За допомогою Particle Swarm Optimization Techniques. Journal of Computer Science. 2010.Vol. 6. № 3. С. 323–329.

13. Syafrullah M., Salim N. Improving Term Extraction За допомогою Particle Swarm Optimization Techniques. Journal of Computer Science. 2010.Vol. 6. № 3. С. 323–329.

14. Mizogushi R., Bourdeau J. Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems // International Journal of Artificial Intelligence in Education — 2000.

15. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения. — М.: Педагогика, 1988.

16. Dean Allemang, James Hendler Semantic Web for the Working Ontologist Modeling in RDF, RDFS and OWL // Elsevier Inc. — Burlington: Elsevier Inc. — 2008.

17. D. Shivalingaiah, Umesha Naik Semantic Web Tools: An Overview // 7th International CALIBER. — Mangalore: 7th International CALIBER. — 2009.

18. Matthew Horridge A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools — Manchester: The University Of Manchester. — 2009

19. Ontolingua [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/

20. OntoBroker and OntoStudio X [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.semafora-systems.com/ontobroker-and-ontostudio-x

21. WebOnto [Електронний ресурс] – Режим доступу: kmi.open.ac.uk/projects/webonto/

22. WebODE [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://oeg.fi.upm.es/index.php/en/old-technologies/60-webode/index.html

23. Protege [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoGraf

24. Миронова А.А. Методы визуализации онтологий — Магнитогорск. — 2011.

25. Hovy E. A Standard for Large Ontologies. URL: http://www.isi.edu/nsf/papers/hovy2.htm

26. Voutilainen A. Natural Language Components for Smart Applications. Elsnews, winter. 2003/4. № 12.4. С. 11–14.

27. Batchilo L.S., Sovpel I.V., Tsourikov V.M. Document semantic analysis. December, 2000. С. 12–15

28. Voutilainen A. Natural Language Components for Smart Applications. Elsnews, winter. 2003/4. № 12.4. С. 11–14.

29. Яговкин В.И. Разработка интерактивных тренажерных комплексов для освоения компетенций на основе предметных онтологий: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.06 / Яговкин Вадим Игоревич. — СПб. — 2014.

30. Ільїна І., Стецик Д. Онтологічні експертні системи управління дистанційним навчанням. Проблеми інформатизації: Тези доп. одинадцятої міжнар. науково-техн. конф., м. Баку – Харків – Бельсько-Бяла, 16–17 листоп. 2023 р. 23. С. 15. doi.org/10.32620/PI.23.t1