

Міністерство освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

Кафедра мультимедійних систем факультету інформатики



Реалізація бази знань за допомогою системи PROTEGE

Текстова частина до курсової роботи

за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення»- 121

Керівник курсової роботи

к.ф.-м.н., доцент

Жежерун О.П.

_____ (підпис)

“ _____ ” _____ 2020 р.

Виконав студент ІІЗ-3:

Марчук Р.Е.

“ _____ ” _____ 2020 р.

Київ 2020

Міністерство освіти і науки України
 НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»

Кафедра мультимедійних систем факультету інформатики

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Зав.кафедри мультимедійних систем,
 к.ф.-м.н., доц.
 _____ Жежерун О.П.
 (підпис)
 „____” _____ 2020 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

на курсову роботу

студенту Марчуку Ростиславу Едуардовичу факультету інформатики 3 курсу

ТЕМА Реалізація бази знань за допомогою системи PROTEGE

Вихідні дані:

Зміст ТЧ до курсової роботи:

Індивідуальне завдання

РОЗДІЛ 1: Теоретична частина

РОЗДІЛ 2: Опис алгоритму, який пропонується в роботі

РОЗДІЛ 3: Його реалізація

Список використаної літератури

Програмні додатки (тексти програм)

Висновки

Список використаної літератури

Додатки

Дата видачі „____” _____ 2020 р. Керівник _____
 (підпис)

Завдання отримав _____
 (підпис)

Календарний план виконання роботи:**Тема: Реалізація бази знань за допомогою системи PROTEGE**

№	Назва етапу	Термін виконання	Примітка
1.	Отримання теми курсової	09.10.2019	
2.	Пошук тематичної наукової літератури	15.11.2019	
3.	Ознайомлення з науковою літературою	20.12.2019	
4.	Розбір предметної області	30.12.2019	
5.	Перші спроби реалізації	07.01.2020	
7.	Визначення структури програми	16.02.2020	
8.	Написання 1 частини курсової роботи	20.04.2020	
9.	Написання 2 частини курсової роботи	30.04.2020	
10.	Написання 3 частини курсової роботи	3.05.2020	
11.	Написання висновків курсової роботи	5.05.2020	
12.	Перегляд змісту роботи з керівником	7.05.2020	
13.	Внесення змін до роботи	9.05.2020	
14.	Завантаження курсової роботи	11.05.2020	

Студент Марчук Р. Е.

Керівник Жежерун О. П.

“ ”

Зміст

Анотація	5
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1: Теоретична частина.....	9
1.1 База знань	9
1.3 Машина виведення.....	10
1.4 Онтологія як різновид баз знань.....	11
1.5 Причини створення онтологій	12
1.6 Експертні системи.....	13
РОЗДІЛ_2: Опис алгоритму, який пропонується в роботі.....	16
2.1 Загальний опис програми, що потребується	16
2.2 Способи вирішення поставленої задачі	17
2.3 Опис технологій можливих для використання у системі	18
2.4 Алгоритм роботи програми.....	19
РОЗДІЛ_3: Реалізація запропонованого алгоритму	20
3.1 Технічні засоби.....	20
Висновки	22
Список використаної літератури	23

Анотація

У даній курсовій роботі наведено опис баз знань та досліджено галузі в яких використовуються бази знань. Також визначено, що таке онтологія і проведено паралель з поняттям бази знань. Також проведено аналіз механізмів роботи систем побудованих на основі онтологій. Визначено переваги та недоліки використання даного варіанту вирішення проблеми, проведено порівняння варіантів вирішення заданої задачі. Також надано детальний опис використаних технологій, їх переваг та причини їх використання.

Робота описує спосіб роботи та структуру навчальної системи на основі онтології, реалізованої у вигляді Java-desktop застосунку, а також описує використані технології.

В роботі використовується система Protégé 5.1.0, Java 1.9, Eclipse Oxygen Java IDE.

Ключові слова: база знань, правило, властивість, факт, онтологія, експертна система, навчальна система, редактор онтологій, Protégé, клас

Вступ

Актуальність теми. З моменту запровадження зовнішнього незалежного оцінювання(ЗНО), як єдиного типу екзамену, потрібного для вступу до вищого навчального закладу(ВНЗ), основною проблемою для абітурієнтів стала саме підготовка до ЗНО. Одразу ж з впровадженням ЗНО з'явилась велика кількість сайтів з прикладами завдань для підготовки. Також з'явилися викладачі, які пропонують індивідуальну підготовку за кошти. Перший варіант підготовки добрий тим, що безкоштовний, але він підходить лише для гуманітарних предметів, де все що потрібно, щоб добре знати предмет – це знати напам'ять певну інформацію, наприклад з історії – знати дати і події, що трапились в той час, з географії назви країн і їх розташування, тобто не потребують застосування логіки для розв'язку задач. Для таких предметів вистачить знання відповідей на запитання, але для точних наук таких як: математика, фізика, тощо, де потрібно гнучке мислення і звичайне запам'ятовування відповідей не допоможе. Тому такі сайти не можуть допомогти підготуватись до ЗНО з точних наук, адже вони не пояснюють як розв'язується задача, звідки ми взяли такий результат і т.д. Тобто учень, який не вміє розв'язувати певні задачі, не навчиться їх розв'язувати за допомогою таких ресурсів. Інший варіант – індивідуальна підготовка з викладачем, занадто витратний і не кожна родина може собі дозволити платити гроші за індивідуальні заняття з певної дисципліни, отож цей варіант також не найкращий. Саме для задоволення потреби в якісній підготовці до ЗНО з математики, створюється система, що надає розгорнуті, покрокові і зрозумілі розв'язки задач, яка і є основною метою даної курсової роботи. Дана система має допомогти підготуватись до ЗНО шляхом надання розв'язків до задач з певних тем та може доповнюватись задачами інших тематик і таким чином збагачувати і розширювати область знань в якій дана система може допомогти підготуватись.

Мета дослідження – розробити навчальну систему використовуючи онтології, визначити основні переваги та недоліки систем побудованих з допомогою онтологій, в порівнянні з системами, що використовують інші варіанти для вирішення даної задачі, а також описати, коли саме варто використовувати онтології як базис для побудови системи.

Задля того, щоб досягти поставлену мету, потрібно виконати певний перелік **задач**:

- знаходження визначення навчальної системи бази знань та її галузі застосування;
- визначення онтології, як типу бази знань;
- опис існуючих засобів реалізації онтологій, та застосування онтологій в побудові програмних за стосунків;
- визначення та опис існуючих типів систем на основі баз знань;
- опис структури та використаних технологій, необхідних для реалізації навчальної системи на основі онтології побудованої в системі Protégé.

Об’єкт дослідження – навчальні системи, реалізовані за допомогою онтологій.

Предметом дослідження є варіанти та існуючі засоби, що використовуються для реалізації навчальних систем, недоліки та переваги вибраного варіанту вирішення заданого практичного завдання.

Структура курсової роботи – вступ, 3 розділи, висновок, список використаної літератури.

У першому розділі визначено що таке база знань, з яких основних компонентів складається та алгоритм роботи. Також надано галузі застосування бази знань в різноманітних системах. Визначено, що таке онтології та як їх застосовують в сучасних системах. Досліджено основний

тип систем які використовують онтології та проведено аналіз, як саме використовуються онтології.

У другому розділі розглянуто алгоритм вирішення поставленої задачі, проаналізовано програмні засоби, які могли б використатись в розробці даної системи, а також розглянуто альтернативні алгоритми, які могли б використатись в системі і аргументовано пояснено, чому ці алгоритми не можуть використатись.

У третьому розділі описано технічні засоби, що були використані у розробці системи, їх опис та переваги і чому саме їх було використано при розробці навчальної системи на основі бази знань.

1. Теоретична частина

1.1 База знань

База знань(БЗ) – це спеціальна база даних, що складається з певних правил і певної інформації – знань, в певній предметній області. Сучасні бази знань працюють сумісно з системами пошуку і опрацювання інформації [а]. Тобто, фактично, БЗ складається з двох частин: бази правил(БП) і бази даних(БД).

В БД знаходиться лише інформація про розв'язані завдання і навчальна вибірка яка використовувалась в розв'язанні цих завдань, а в БП зберігаються відносини між елементами, що зберігаються в БД і ці відносини зазвичай визначаються на основі предметної області на основі якої будується база знань.

Бази знань мають певну класифікацію і в основному їх класифікують в залежності від комплексності систем, в яких вони застосовані:

- БЗ світового масштабу;
- БЗ національні;
- БЗ галузеві;
- БЗ організацій;
- БЗ експертних систем;
- БЗ спеціалістів [7];

Найпростіші бази знань зазвичай використовують для зберігання стандартної інформації про структуру, такої як: документація, інструкції, технічні статті, тощо. Першочергова ціль таких баз – допомога у знаходженні швидкого і коректного рішення у незнайомих, для співробітника даної структури, ситуаціях.

1.2. Галузь застосування баз знань

Однією з найвідоміших галузей застосування бази знань є галузь створення інтелектуальних систем, а найвідоміший клас цих систем, що використовують бази знань – експертні. Головна мета даних систем – знаходження способу вирішення специфічних проблем, базуючись на записах БЗ і на користувацькому описі ситуації [7].

До основних рис інтелектуальних систем, що пов'язані з БЗ відносяться:

- здатність БЗ до змін під час роботи системи та пристосування; дана риса аналогічна здатності людини до навчання;
- можливість системи робити логічні висновки з існуючих знань та знаходити закономірності в БЗ;
- виявлення суперечностей в БЗ та спостерігання за коректністю функціонування БЗ;
- вміння системи обґрунтовувати свої кроки при розв'язуванні задачі;

1.3 Машина виведення

Оскільки правила в БЗ неупорядковані і існують незалежно один від одного, потрібно щось, що здійснюватиме повний перебір цих правил. Саме це і є завданням машини виведення – програми, що формує логічний вивід з попередньо побудованої бази фактів і правил в відповідності з законами формальної логіки [7].

Машина виведення має дві складові:

- компонент виведення – складова, що реалізує незалежне дедуктивне виведення;
- компонент керування(інтерпретатор) – складова, що реалізує повний перебір всіх знань в БЗ і застосовує правила;

Алгоритм компонента керування:

- 1) Зіставлення. Шукаються правила, які можна зіставити хоча б з якимось фактом з БЗ. Якщо таких фактів більше 1 то така множина фактів називається конфліктною.
- 2) Вибір. Якщо правил більше одного, інтерпретатор повинен обрати найвідповідніше. Зазвичай вибирають опираючись на критерій, який може визначатись ззовні.
- 3) Виконання. Найвідповідніше правило інтерпретатор намагається виконати. Основний сенс цього кроку у виконанні того, що описано у висновку правила.

1.4 Онтологія як різновид баз знань

Ще недавно онтології були звичним явищем для лабораторій зі штучного інтелекту, але, на сьогоднішній день, розробка онтологій стала звичайним явищем для спеціалістів у певній предметній області. Визначимо що таке онтологія:

Онтологія – це проба всеосяжної і детальної формалізації деякої області знань за допомогою концептуальної схеми [1]. Під концептуальною схемою мається на увазі набір знань і інформацію про ці знання: властивості, відносини, обмеження, правила, тощо, тобто все, що потрібно для опису вирішення задач в предметній області онтології.

Отож, маємо, що онтології можна назвати базою знань, адже в онтологіях присутні всі ознаки бази знань, а саме: набір знань в деякій предметній області і правила, як ці знання застосовувати.

1.5 Причини створення онтологій

Для розуміння необхідності онтологій, потрібно знати причини створення онтологій. Ось деякі з них:

- для колективного використання людьми, та комп'ютерними агентами розуміння інформації. Це є однією з найчастіших причин розробки онтологій. Наприклад, кілька різних сайтів, тематика яких – продажі нерухомості, містять однакову групу термінів, з яких можна створити онтологію. Ці агенти можуть накопичувати інформацію з цих сайтів і відповідати на запити інших користувачів або використовувати ці дані, як вхідні інших операцій;
- для повторного використання знань з певної предметної області, по якій є вже готова онтологія. Наприклад, можна створити якусь онтологію по предметній області, яка може бути частиною інших предметних областей. Це допоможе швидше створювати моделі складніших предметних областей при цьому не витрачаючи час на ті частини предметної області, які вже хтось описав у своїй онтології;
- для створення явних припущень. Це надає можливість змінити такі припущення у випадку, якщо наші знання про предметну область змінюються;
- для відділення знань предметної області від оперативних. Це ще одна з найчастіших причин розробки онтологій. Суть полягає у тому, що ми описуємо конфігурацію продукту завдяки опису його складових відповідно до необхідної специфікації, а далі ми впроваджуємо програму, яка робить цю конфігурацію незалежною від продукту і компонентів;
- для аналізу знань в предметній області. Аналіз знань можливий лише тоді, коли є декларативна специфікація термінів. Аналіз надзвичайно важливий як при спробі повторного використання існуючих онтологій так і при розширенні цих онтологій.

Часто онтологія не є основною ціллю або кінцевим продуктом. Зазвичай онтології розробляються для користування в інших програмах. Незалежні програми та програмні агенти використовують в своїх методах розв'язків завдань поставлених перед цими програмами, дані з онтологій та баз знань. В даному випадку онтологія також не є метою, а лише засобом досягнення цілі – навчальної системи, що буде надавати детальний розв'язок задач.

1.6 Експертні системи

Експертною системою (ЕС) називають систему підтримки прийняття рішень, яка містить знання з певної вузької предметної області, а також може пропонувати користувачу рішення проблем з цієї галузі і обґрунтовувати їх. Експертна система складається з бази знань, механізму логічного виводу і підсистеми обґрунтувань [8].

Як вже було сказано вище, експертні системи містять знання з вузької предметної області, а отже, вони дуже вузько спеціалізовані. Вузька спеціалізація викликана необхідністю зменшити об'єм знань в системі, для спрощення збереження цих знань в системі.

Основною метою створення експертних систем є спроба допомогти людині в її інтелектуальній роботі. Оскільки комп'ютери працюють слідувачи вбудованим в них алгоритмам, вони не можуть виконувати такі задачі:

- виконувати неформалізовані задачі;
- знаходити і використовувати для розв'язку завдань нестандартні джерела інформації;
- робити вибір між суперечливою інформацією;
- ретельна перевірка об'єкту дії з метою отримання додаткової інформації;
- не надавати розв'язок задачі доки не буде знайдено необхідні дані;

- знаходити нетипові розв'язки і успішно керуватись ними;
- продукувати знання, які дозволяють розв'язувати задачі навіть за недостатньої кількості відомої інформації;

Саме експертні системи вперше змогли виконувати такі задачі, репродукуючи алгоритми, які використовують люди для розв'язку задач з певної предметної області. Такі алгоритми були побудовані баз знань, які були створенні на основі знань, які надавали спеціалісти конкретної предметної області.

Але експертна система не обмежується властивостями наведеними вище. У неї є також такі особливості:

- під час розв'язку задач, система задає питання людині і відповіді використовує для розв'язку;
- проводить аналіз стану проблеми і керує ним через людину;
- отримує і нагромаджує нові знання з притаманної їй предметної області.

Для успішного функціонування ЕС, необхідні наступні складові:

- складова, що відповідає за зберігання та оперування даними про предметну область – онтологія;
- складова, що на основі правил закладених в нашу онтологію формує логічні висновки;
- зручний інтерфейс, який допомагає зручно додавати нові правила або знання і отримувати відповіді на запитання користувачів у зрозумілій для них формі;
- складова, що відповідає за логіку додавання нових знань до онтології, а також відповідає за підтримку онтології та за необхідності доповнює її;
- складова, що не просто дає відповідь на запитання але й пояснює чим мотивувалася при виборі саме цієї відповіді, надає коментарі до цієї відповіді.

Отже, ми розглянули поняття і призначення баз знань, визначили, що онтології є різновидом баз знань і зрозуміли, що один з типів систем де використовуються онтології є тип експертних систем.

2. Опис алгоритму, який пропонується в роботі

2.1 Загальний опис програми, що потребується

Основним завданням моєї курсової роботи є створення навчальної системи на основі онтології. Реалізовано дану систему було у вигляді java desktop застосунку.

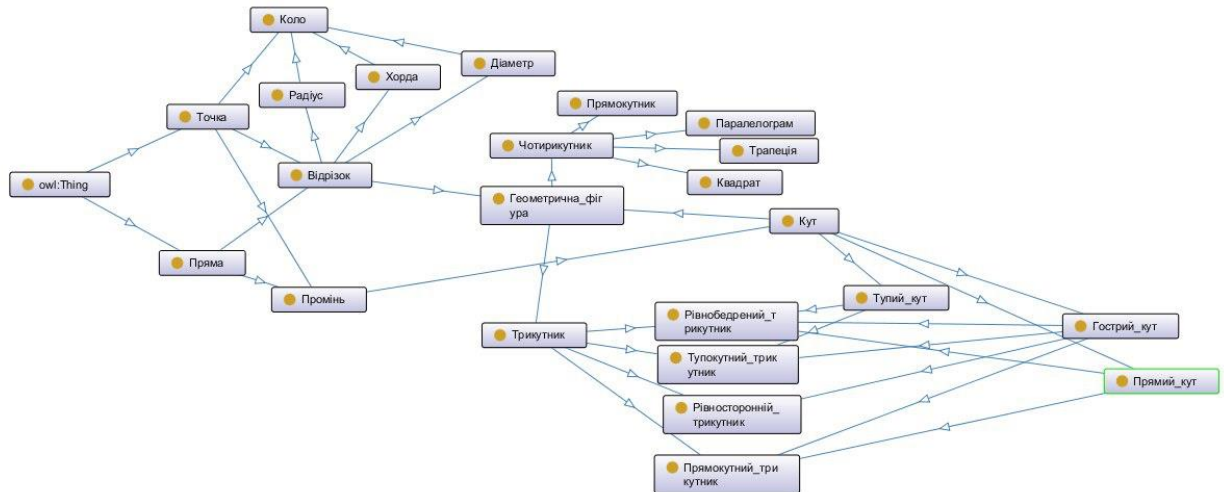
Система створюється задля надання учням розгорнутого розв'язку до задач з курсу геометрії. До уваги було взято лише задачі з теми коло, курсу геометрії за 7 клас.

Для отримання розв'язку задачі, учневі потрібно ввести умову задачі, при цьому замінивши спеціальні позначення такі як \sphericalangle , \triangle , тощо на відповідні їм слова(кут, трикутник).

Далі система здійснює лексичний аналіз введеної умови і шукає розв'язок задачі серед заздалегідь підготованих в базі даних програми, і видає користувачеві, як відповідь до задачі.

Якщо система не знаходить розв'язків, що задовольняють даному типу умови задачі, система видає у відповідь, що розв'язок даної задачі неможливий через відсутність необхідних знань в системі.

Для реалізації даної системи було створено онтологію об'єктів, що можуть зустрічатись в задачах про коло. Ця онтологія описує класи об'єктів, їх властивості та взаємодію між ними (мал. 2.1).



Мал. 2.1 – Діаграма класів circleFigures онтології

2.2 Способи вирішення поставленої задачі

Перший спосіб – створення системи, що базується на основі логічних методів. Для реалізації цього варіанту розв’язку задачі, потрібно виділити певні аксіоми, якими в нашому випадку були готові математичні теореми, та за допомогою певних правил виводу ми, маючи умови задач, повинні подати їх програмі на вхід в певному формалізованому вигляді, щоб програма змогла застосувати правила виводу і розв’язати задачу. Наприклад, якщо в нас є певне числення предикатів 1-ого порядку, можна застосовувати метод резолюції, або застосовувати продукційні системи, наприклад, якщо $A \rightarrow B$ і т.п. Але, оскільки, в нас немає таких чітких правил виводу, тому можливо зробити лише певні прості кроки, які не задовольняють нашому розв’язку задачі.

Другий спосіб – створення і навчання нейронної мережі розв’язувати задачі. Нейронні мережі створюються саме для таких задач – у яких потрібно, щоб програма мислила не чітким алгоритмом, а у спосіб у який мислять люди. Для навчання нейронної мережі потрібні стартові дані і їх також потрібно формалізувати, адже нейронна мережа хоч і працює за такими ж

алгоритмами, якими мислить людина, це все ж таки програма і вона потребує певної узагальненості для створення алгоритму. І знову ж таки натикаємось на проблему неформалізованості вхідних даних і розв'язків задач.

Отож, вибір створення онтології з правилами взаємодії між класами об'єктів був найоптимальнішим варіантом.

2.3 Опис технологій можливих для використання у системі

KIF (Knowledge Interchange Format, або формат обміну знаннями) - заснований на S-виразах синтаксису для логіки. KIF - спеціальна мова, призначений для обміну знаннями між різними комп'ютерними системами. Створювався для опису загального формату представлення знань, незалежного від конкретних систем. Тобто, мова KIF виконує в процесі обміну знаннями приблизно ту ж роль, що мова XML – в обміні даними: це стандартна програма передачі знань на відстань [2].

Сус – бібліотека онтологій, що описує знання, необхідні для мислення на побутовому рівні, тобто такі знання, які людина використовує в своїй щоденній діяльності [2]. Знання в бібліотеці Сус поділені на мікротеорії. Мікротеорій в бібліотеці тисячі і кожна з них складається з фактів певної предметної області. Але бібліотека Сус є не тільки сховищем для фактів але і надає можливість здійснювати логічний висновок основуючись на цих фактах.

2.4 Алгоритм роботи програми

При запуску програми, проводиться перевірка бази даних на готовність до використання в програмі. Якщо база даних існує, значить вона налаштована і готова до роботи програми, якщо ж база даних відсутня – то вона створюється з 0 з використання ресурсних файлів з заготованою інформацією.

Далі, після того як пройшла перевірка бази даних на готовність, програма запускається і з'являється головне вікно програми, яке складається з поля введення умови задачі, кнопки виконання і поля виведення відповіді до задачі. В поле введення, ми вводимо умову задачі про коло з підручника геометрії за 7 клас, при цьому замінюючи умовні позначення такі як \sphericalangle , \triangle на відповідні їм слова(кут, трикутник).

Після цього програма проводить лексичний аналіз і розбиває текст на логічні лексеми, які далі зіставляє з об'єктами нашої онтології. Після того як всі лексеми мають відображення у вигляді об'єкту онтології, проводиться аналіз наявних даних і шукається розв'язок задачі, використовуючи доступні нам дані з бази даних. Як тільки розв'язок знайдено, програма формує текст відповіді і видає його у відповідному текстовому полі графічного інтерфейсу.

3. Реалізація запропонованого алгоритму

3.1 Технічні засоби

У якості мови програмування використовувалась Java версії 1.9. Java – об’єктно-орієнтована мова програмування, випущена компанією “Sun Microsystems” у 1995 році. З 2009 року мову підтримує компанія “Oracle”. Основними особливостями є:

- принцип WORA(write once run anywhere, що дослівно перекладається, як “пиши на одній платформі, запускай на будь-якій”);
- об’єктно-орієнтовна парадигма, що є однією з найпоширеніших парадигм в наш час;
- безпека виконання програм і відсутність проблем з некоректним використанням пам’яті комп’ютера, адже в Java є garbage collector – засіб, що контролює використання пам’яті і перешкоджає її засмічуванню змінними, що не використовуються;
- багатопоточність, що допомагає виконувати складні задачі на задньому фоні, при цьому ніяк візуально не впливаючи на роботу програми.

Eclipse Oxygen Java EE IDE – відкрита платформа розробки, що складається з розширюваних фреймворків, інструментів і середовищ виконання для побудови, розгортання та управління програмним забезпечення впродовж його життєвого циклу [12]. Eclipse Oxygen включає в себе безліч виправлень і покращень в підтримці Java 9, поряд із значною кількістю інших корисних функцій.

Protégé 5.1.0 - безкоштовний, open-source редактор онтологій і фреймворк для побудови інтелектуальних систем [10]. Це зручна програма з інтуїтивно-зрозумілим інтерфейсом, що надає можливість зручно проектувати онтології, створюючи ієрархію класів і визначаючи властивості цих класів, підтримує використання мови OWL.

OWL API(4.2.6) – Java -інтерфейс з відкритим кодом і реалізацією для W3C OWL, який використовується для представлення онтологій Semantic Web. API орієнтований на OWL DL і майбутній OWL 2. OWL API також пропонує конкретні прив'язки до OWL DL FaCT++ і Pellet мислителів [11].

Protégé-OWL API (5.0.0)-це Java -бібліотека для мови вебонтологій (OWL) і RDF (S) з відкритим вихідним кодом. API надає класи і методи для завантаження і збереження файлів OWL, здійснення запитів і маніпулювання даними OWL -моделі, а також для виконання міркування на основі 46 дескриптивних логік. Також API оптимізований для реалізації графічних користувальницьких інтерфейсів [13]. API призначений для використання в двох контекстах:–для розробки компонентів, які виконуються всередині користувацького інтерфейсу редактора Protege-OWL;–для розробки автономних додатків, наприклад, Swing-додатків, сервлетів або Eclipse-плагінів)[13].

Висновки

Отже, в ході даного дослідження, я дізнався, що бази знань – це спеціалізовані бази даних, що зберігають знання і правила по певній предметній області в формалізованому вигляді і надають можливість комп'ютерам використовувати механізми логічного висновку з існуючих в базі знань фактів.

Оскільки детальний розв'язок задач потребує логіки мислення людини, використання бази знань як компонента навчальної системи, є вдалим рішенням.

Для практичного застосування бази знань в прикладній програмі було вибрано створення онтології в редакторі онтологій Protégé. Також детально дослідивши мову OWL та OWL API для мови Java, було вирішено, що її використання покращить ефективність використання онтології, оскільки owl api забезпечує логічний вивід та полегшує процес модифікації онтології.

На закінчення, на основі проведеного дослідження можна вивести формулювання терміну навчальної системи на основі бази знань – це система, що використовує готові факти, властивості і правила, що зберігаються в базі знань, для розв'язку задач з певної предметної області. Потреба у використанні таких систем виникла у зв'язку з недостатньою кількістю якісних навчальних джерел.

Список використаної літератури

1. Gruber T.R. A translation approach to portable ontologies [Електронний ресурс] / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition. 1993. - No 5(2). - С. 199-220. - Режим доступу : <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>
2. В.А.Лапшин Онтологии в информационных системах Современный подход, Москва, 2009. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://isdwiki.rsuh.ru/moodle/pluginfile.php/128/course/section/36/bookLapshin.pdf>
3. Robinson M. Swing, Second Edition / M. Robinson, P. Vorobiev., 2003. – 912 с.
4. Добров Б. В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. — 173 с. — ISBN 978-5-9963-0007-5
5. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://studopedia.su/9_60863_komponenti-mashini-vivedennya.html
6. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://pidruchniki.com/10811007/informatika/ekspertni_sistemi
7. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://matveev.kiev.ua/expirt/2.html>
8. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://protege.stanford.edu/>
9. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://semanticweb.org/wiki/OWL_API.html
10. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.eclipse.org/oxygen/>

11. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

https://protegewiki.stanford.edu/wiki/ProtegeOWL_API_Programmers_Guide