

УДК 378+004.415.004.14

С. В. КОЗИБРОДА

ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ІНЖЕНЕРА-ПЕДАГОГА

Розглянуто проблему використання онтології комп'ютерних систем у професійній діяльності майбутніх інженерів-педагогів галузі комп'ютерних технологій. Обґрунтовано завдання автоматизованого обміну формальними описами моделей як головного чинника дослідження в застосуванні онтологій. Доведено доцільність застосування онтологій комп'ютерних систем в таких напрямках підготовки інженера-педагога, як штучний інтелект, інтерфейс, обробка природної мови, системах питання-відповіді, класифікації товарів і послуг, семантичній розмітці тексту, моделюванні організаційної структури підприємств, системах нормативно-довідкової інформації (НДІ).

Ключові слова: онтологія, інженер-педагог, комп'ютерні системи, описи, експертна система, база знань.

С. В. КОЗИБРОДА

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА-ПЕДАГОГА

Рассмотрена проблема использования онтологии компьютерных систем в профессиональной деятельности будущих инженеров-педагогов в области компьютерных технологий. Обосновано задачи автоматизированного обмена формальными описаниями моделей как главного фактора исследования в применении онтологий. Доказана целесообразность применения онтологий компьютерных систем в таких направлениях подготовки инженера-педагога, как искусственный интеллект, интерфейс, обработка естественного языка, системах вопросы-ответы, классификации товаров и услуг, семантической разметке текста, моделировании организационной структуры предприятий, системах нормативно-справочной информации (НСИ).

Ключевые слова: онтология, инженер-педагог, компьютерные системы, описания, экспертная система, база знаний.

S. V. KOZIBRODA

APPLICATION OF COMPUTER SYSTEMS ONTOLOGY IN THE PROCESS OF FUTURE ENGINEER AND EDUCATOR'S PRACTICAL ACTIVITY

This article develops the problem of the use of computer systems ontology in the professional activity of future engineers and teachers in the sphere of computer technology. The tasks of automated exchange of formal model descriptions as a main factor of a research performing in the sphere of ontology use have been grounded. The expediency of use of the ontology of computer systems in the following fields of intending engineers and teachers' training: artificial intelligence, interface, natural language processing, question-answer systems, classification of goods and services semantic mark-up of text, modelling organizational structure of enterprises, systems of reference information (NSI).

Keywords: ontology, engineer and teacher, computer systems, descriptions, expert system, knowledge base.

Розвиток інформаційних технологій в останній чверті ХХ ст. характеризувався розробкою технологій баз даних і масового їх впровадження. На початку нинішнього століття подібні процеси спостерігаються в розробці технологій, пов'язаних з онтологічним моделюванням. У більшості дослідників уже сформувалось розуміння того, що використання бібліотек онтології в організації інформаційних процесів у найближче десятиліття буде настільки поширеним, як використання баз даних зараз. Попри це, літератури українською мовою про інформаційні інженерні онтології та технології їх використання практично немає.

У інженерії «онтологічні» методи, зазвичай, застосовуються для побудови моделей процесів. Інженерна модель процесу і є онтологією. Точніше, онтологія – це опис цієї моделі. Такі описи моделей, як правило, формальні, тобто створені спеціально розробленою для цієї мети мовою, конструкції якої завжди інтерпретуються точно й однозначно. Це дозволяє зберігати опис в комп'ютерній пам'яті для того, щоб далі використовувати його в іншій задачі або для перевірки за допомогою комп'ютера, чи не містить опис логічних протиріч.

Тому завдання автоматизованого обміну формальними описами моделей є головним чинником початку дослідження в галузі застосування онтологій у процесі підготовки до професійної діяльності інженера-педагога комп'ютерного профілю.

Детально процес розробки і використання онтології в загальному вигляді розглянуто в роботі Н. Ноя [1]. Проблема онтології і використання їх в комп'ютерних системах розглядалася В. Лапшиним [2]. Побудова онтології не завжди є кінцевою метою, переважно її використовують інші інтелектуальні системи для вирішення практичних цілей – цією проблематикою займалися С. Ніренбург і В. Раскін [3].

Метою статті є розкриття особливостей використання онтології комп'ютерних систем під час практичної діяльності інженера-педагога.

З урахуванням змісту основних умінь інженера-педагога в галузі комп'ютерних технологій, що вказані в державному стандарті, можна сказати, що використання онтологій комп'ютерних систем є невід'ємною складовою загально кваліфікаційної підготовки. Такий фахівець повинен: вибирати та перетворювати математичні моделі явищ, процесів і систем для їх ефективної програмно-апаратної реалізації; аналізувати, теоретично та експериментально досліджувати методи, алгоритми, програми апаратно-програмних комплексів і систем; створювати та досліджувати математично моделі обчислювальних та інформаційних процесів, пов'язаних з функціонуванням об'єктів професійної діяльності; визначати цілі проектування, критерії ефективності, обмеження застосування інформаційних систем; проектувати елементи математичного та лінгвістичного забезпечення інформаційних систем; проектувати людино-машинний інтерфейс інформаційних систем; здійснювати структурне та функціональне тестування системи [8, ст. 28].

У процесі розширення та поглиблення науково-педагогічної підготовки інженера-педагога у галузі комп'ютерних технологій, залучення у дослідження нових питань, що обумовленні потребами суспільства у розвитку, важливе місце у підготовці такого фахівця повинно посідати використання онтології комп'ютерних систем.

Термін «онтологія» вперше з'явився в роботі Т. Грубера [4, с. 601–602]. Він розв'язував інженерну задачу, створюючи механізм взаємодії баз знань програмних систем одна з одною. Для вирішення проблеми він запропонував такі методи:

□ визначити в системі управління знаннями рівень так званого декларативного знання – це знання про те, з чого складається середовище, реалізоване в певній системі. Воно становить опис даного середовища. На противагу декларативному знанню можна ввести процедурне знання, наприклад, знання про те, як на основі опису середовища можна робити логічні висновки щодо тих чи інших його властивостей. Інакше кажучи, пропонувалось відділити знання від його обробки;

□ база знань надає опис свого декларативного знання іншим програмам управління знаннями. До того ж цей опис має бути зрозумілим як людині, так і машині, тому видається у двох видах: 1) у канонічній формі, що становить опис знання на звичайній мові логіки предикатів; 2) у формі онтології, як її представляв Т. Грубер, тобто у вигляді набору опису термів (класів, відносин, констант і т. д.) і визначень, що зв'язують ці терми один з одним;

□ побудувати на основі вибраних описів бібліотеки онтологій, які можна було би використовувати в різних базах знань.

Отже, Т. Грубер є автором поняття «онтологія» в інженерії.

Завдання побудови опису знання є специфічним. Тому Т. Грубер виокремив для цього завдання окремий термін – «специфікація концептуалізації». Під концептуалізацією він розумів «абстрактний, спрощений погляд на світ, який використовується людьми для здійснення певної мети» [4, с. 602]. Особливість її завдання полягає в тому, що для обміну знаннями між програмними системами необхідно відкрито специфікувати їх концептуалізацію, тобто

побудувати опис цих знань, до того ж достатньо формальний, щоб його розуміли інші системи. Результат такої специфікації був названий Т. Грубером терміном «онтологія».

Отже, поняття «інженерна онтологія» можна визначити як специфікацію (формальний опис) якоїсь концептуалізації (подання предметної галузі досліджуваного завдання так, як це необхідно для певної задачі). Якщо із специфікацією тут все зрозуміло, то що таке концептуалізація – не зовсім зрозуміло. Т. Грубер вважав, що концептуалізація проводиться у термінах класів і атрибутів. Середовище досліджуваного завдання представляється у вигляді понять, які описуються класами разом з їх властивостями (атрибутами) і конкретними об'єктами – екземплярами класів. Наприклад, проектуючи програмну систему, що містить інформацію про автомобілі, цілком природно ввести класи, що представляють марки автомобілів (Тойота, Лада, Ніссан і т. д.), а конкретні автомобілі розглядати як екземпляри відповідних класів. Такий підхід є дуже популярним і на ньому базуються принципи об'єктно-орієнтованого програмування [2, с. 16].

Вперше завдання побудови формального опису моделі виникло в програмних системах управління базами знань. Бази знань – це систематизована вибірка фактів, які керують спеціально розробленою для цих цілей програмою. База реалізується як експертна система, тобто програма, яка є як фахівець = експерт у деякій галузі. Наприклад, зараз дуже популярні експертні системи в педагогіці. База знань містить таку надзвичайно велику кількість педагогічних фактів, що одна людина не в змозі їх запам'ятати. Експертній системі на вхід можуть бути подані результати зрізу знань студентів і програма, зіставивши факти своєї бази знань, може видати за результатами цих даних рекомендовану оцінку. Експертну систему можна навчати, додаючи в неї нові факти.

Тепер припустимо, що існують дві такі експертні системи, зроблені різними виробниками і розташовані в різних вузах, а Міністерство освіти і науки України вирішило створити нову експертну систему на основі двох існуючих. Якби експерти були людьми, а не машинами, то все було б просто: вони б зустрілися і розповіли один одному все, що знають. З машинами ситуація інша: вони один одному просто так розповісти нічого не можуть. Тому необхідно формально описати вміст бази знань кожної експертної системи, щоб цей опис був зрозумілим програмі, яка реалізує їх об'єднання. І тут виникають такі труднощі:

1) треба розробити мову, яка була би зрозумілою кожній з трьох програм. Ця мова має бути формальною, щоб описи баз знань (онтології) однозначно інтерпретувалися машинами;

2) побудувати опис вмісту бази знань цією мовою. Зрозуміло, що людина такий опис зробити не може, оскільки вона не може запам'ятати вміст всієї бази знань експертної системи, тому опис повинна робити програма;

3) за описом бази знань, який зроблений даною мовою, додаються нові факти в базу знань третьої експертної системи; це також має зробити програма.

Згідно з традиціями інженерної науки виникає потреба стандартизувати мову опису знань, щоб не витрачати зусиль на її розробку. Тоді другий і третій пункти із вищезазначеного переліку звелися би просто до написання перекладачів з внутрішньої мови бази знань у цю мову, та з мови опису – мовою подання знань в експертній системі.

Структура обміну знаннями між експертними системами представлена на рис. 1.

У штучному інтелекті онтології використовуються для формальної специфікації понять і зв'язків, які властиві певній сфері знань. Оскільки комп'ютер не може розуміти, як людина, стан речей у світі, йому необхідно подавати всю інформацію в формальному вигляді. Таким чином, онтології служать своєрідною моделлю навколишнього світу, а їх структура є такою, що легко піддається машинній обробці та аналізу. Онтології постачають систему відомостями про добре описану семантику заданих слів і вказують ієрархічну будову середовища, взаємозв'язок елементів. Все це дозволяє комп'ютерним програмам за допомогою онтологій робити висновки з наявної інформації та маніпулювати ними.

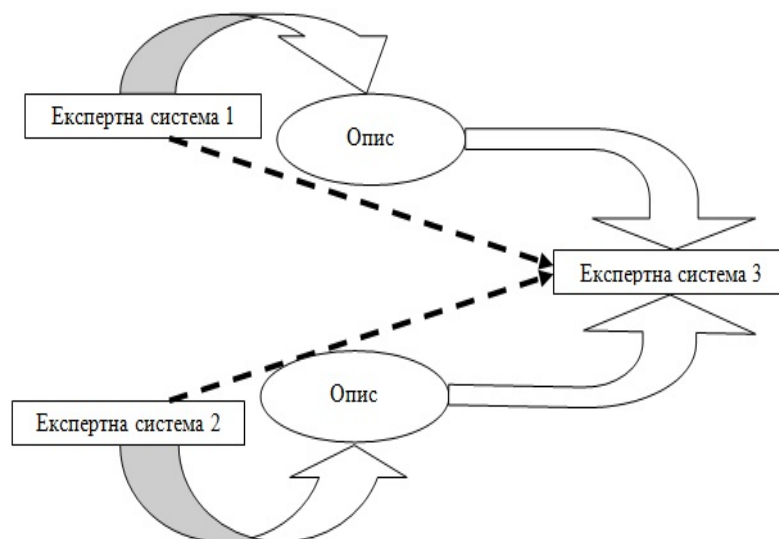


Рис. 1. Обмін знаннями між експертними системами.

М. А. Попова [7, с. 130] розглядає онтологію як модель онтологічного інтерфейсу, вважаючи, що нині інформаційні ресурси, використані в процесі прийняття рішень, є розподіленими. Сучасні мережеві технології і широке поширення Інтернету надають можливість доступу та використання цих ресурсів шляхом об'єднання територіально розподілених джерел інформації такого роду. Онтологічний інтерфейс дає змогу візуалізувати у легкодоступній наочній формі результат процесів інтеграції та агрегації розподілених інформаційних ресурсів у процесі організації взаємодії користувачів.

Комп'ютерна онтологія предметної сфери – це:

- ієрархічна структура кінцевої множини понять, що описують задану предметну сферу;
- структура онтографа, вершинами якого є поняття, а дугами семантичні відносини між ними;
- поняття і відносини, що інтерпретуються згідно з загальноприйнятими функціями, які взяті з електронних джерел знань;
- визначення понять і відносин, яке виконується на основі аксіом і обмежень (правил) їх сфери дії;
- засіб існування формального опису онтографа;
- функції інтерпретації та аксіоми, описані в нотації формальної теорії.

Онтологія визначає загальноповживані, семантично значущі «понятійні одиниці інформації», якими оперують інженери-розробники інформаційних систем. На відміну від інформації, закодованої в алгоритмах, онтологія забезпечує її уніфіковане і багаторазове використання багатьма групами інженерів на різноманітних комп'ютерних платформах при вирішенні багатьох завдань.

Тому онтологією можна вважати певну базу знань, перетворену в опис цих знань, які можуть виконувати роль інтерфейсу для користувача при роботі з нею.

Онтологію як інтерфейс до бази знань схематично зображено на рис. 2.

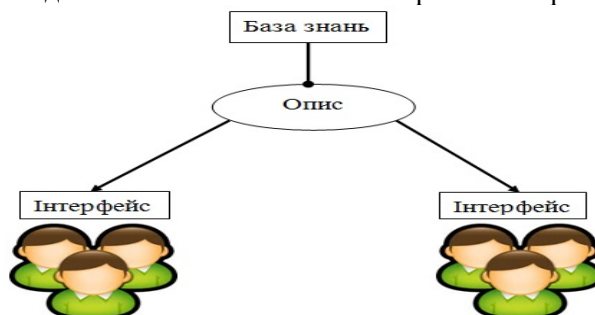


Рис. 2. Онтологія як інтерфейс до бази знань.

Онтології також використовуються у процесі побудови вибірки визначень бази довідкового матеріалу для складних процедур обробки природної мови, наприклад, запобігання омонімії у контексті, для обґрунтування висновків, необхідних для розуміння тексту на глибинно-семантичному рівні, що є необхідним для високоякісного машинного перекладу і базою для розширення та уточнення інформаційного пошуку. Глибокий аналіз тексту необхідний і для систем автоматичного реферування. Варто нагадати, що онтології сприяють систематизації понять. На їх базі може здійснюватися автоматичне анування і розбір текстів, які надалі можуть використовуватися в інформаційному пошуку, а також при різних видах аналізу інформації.

Наведемо деякі приклади існуючих систем, які містять онтологічні додатки. У сфері інформаційного пошуку варто згадати європейський дослідницький проект під назвою CROSSMARC. Його учасники акцентують увагу на необхідності широкого використання онтологій для розділення галузевих і загальноприйнятих знань, вважаючи, що це полегшить вилучення інформації з різних джерел, звузить пошукові запити і поліпшить якість виданих результатів. Це завдання подібне до автоматичної рубрикації тексту, у процесі якої проводиться розподіл тексту за рубриками на основі автоматичних методів і використання онтологій.

У сфері машинного перекладу відома система OntoLearn, яка використовується при перекладі багатослівних термінів з англійської мови на італійську. Система автоматично виокремлює і будує предметні онтології. Проміжні онтологічні побудови використовуються для прямого машинного перекладу.

IAMTC (Interlingual Annotation of Multilingual Text Corpora) можна віднести до систем розуміння мови. Цей багатосторонній проект займається анотацією 6 великих паралельних корпусів з метою вилучення міжмовних відповідностей. Система використовує 110 000 записів онтології OMEGA для чотиризначної розмітки і подальшого аналізу природної мови. Для її розуміння можуть використовуватися також аксіоми і висновки, що містяться в онтологіях, а також великий набір окремих прикладів, примірників.

Як уже згадувалося, онтології лежать в основі різних систем питання-відповіді і сприяють поліпшенню аналізу запитів і точності відповідей, які застосовують у професійній діяльності майбутні інженери-педагоги. Можна навести приклад демонстраційної системи питання-відповіді YAWA. Вона за запитом видає інформацію про голів держав і урядів країн світу, володіє інформацією про те, хто займає зазначену посаду в даній країні. Крім цих зв'язків, у неї закладені знання про співвідношення назви і основної функції вищих державних посад в окремо взятій країні залежно від типу системи державного управління. Таким чином, при видачі відповідей за запитом система враховує закладені в неї відомості про навколишню дійсність: набір понять, відносин між ними, обмежень на відносини і список конкретних екземплярів [5, с. 30].

У праці Ю. Діна, Д. Фенсела, М. Кляйна [6, с. 130] розглядається напрям робіт у сфері електронної комерції, де онтології надають класифікацію товарів і послуг та забезпечують наявність стандартизованого представлення інформації. Таким чином, відбувається систематизація понять у сфері бізнесу, впорядкування їх описів. Онтології надають ефективний доступ до інформації, можливість краще її зрозуміти та провести ширший і складніший аналіз цієї інформації. Це є яскравим прикладом застосування онтологій «для спільного використання загального розуміння структури інформації людьми або програмними агентами», згаданого Н. Ноєм [1].

У цій же роботі Ю. Діна, Д. Фенсела, М. Кляйна [6, с. 201] описується ще одне перспективне застосування онтологій – їх використання при семантичній розмітці тексту. Облік семантичних категорій, описаних в онтології, дозволяє зробити розмітку більш точною, зменшити неоднозначність, оскільки шаблони, за якими проводиться розмітка, пов'язані з категоріями в онтології. Така семантична розмітка надалі дозволяє проводити семантичний аналіз тексту, різні статистичні дослідження, витягувати міжмовні відповідності.

Ще одним сучасним проектом, широкого використання онтології є компанія Онтос [9], що розробляє різні семантичні технології. За допомогою цих систем, заснованих на обробці текстів природною мовою (NLP), користувач може генерувати і зберігати релевантні знання,

необхідні для різних завдань. Ці системи орієнтовані на інженера, якому треба обробляти великий обсяг інформації, витягувати структуровану інформацію. Для вирішення даних задач можливе використання тих продуктів Онтоса, що забезпечують автоматичну обробку необхідних неструктурованих даних та отримання прямого доступу до аналітичних (оброблених) даних.

Як згадується на сайті компанії, їх системи успішно вирішують такі завдання:

- підтримка прийняття рішень при проведенні досліджень;
- візуалізація інформації за допомогою семантичних мереж;
- автоматична генерація семантичних анотацій з неструктурованого тексту;
- дайджестування великих документів на базі їх семантичного змісту;
- резюмування великих обсягів анотованого тексту;
- підтримка метаданих відповідно до стандартів RDF / OWL;
- семантичний пошук із застосуванням технології триплетів (об'єкт – відношення – об'єкт).

Варто згадати, що онтології широко розповсюджені для моделювання організаційної структури підприємств. Онтологічне уявлення знань про суб'єкти економічної діяльності, які входять до будь-якої системи, можна використовувати для об'єднання їх інформаційних ресурсів у єдиний інформаційний простір. Онтологія підприємства включає в себе організаційну онтологію, що описує організаційно-функціональну структуру підприємства: склад штатного розкладу (працівники, адміністрація, обслуговуючий персонал), партнери, ресурси тощо та відносини між ними, а також онтологію за технологіями, яка описує їх термінологію. Розроблені онтології дозволяють співробітникам однієї галузі корпорації використовувати загальну термінологію і уникати взаємних непорозумінь, які можуть ускладнити співпрацю і привести до серйозних збитків.

Як приклад практичного використання онтологічних моделей технологій у практичній діяльності інженера-педагога можна привести систему онтологій [10], призначену для створення та підтримки розподілених систем НДІ, ведення словників, довідників і класифікаторів та підтримки системи кодування об'єктів обліку. Онтологія забезпечує неконфліктне накопичення будь-якої кількості інформації в стандартній структурі класифікації. Такий підхід гарантує однозначну ідентифікацію ресурсів незалежно від різних трактувань їх найменувань різними виробниками. При використанні цієї системи здійснюється ефективний контроль і верифікація даних, перевірка коректності, повноти і несуперечності даних як на етапі аналізу інформатизації існуючих даних, так і при занесенні нових елементів даних [5, с. 35].

Н. Ной [1] запропонував кілька способів використання онтологій для:

- спільного використання людьми або програмними агентами загального розуміння структури інформації;
- можливості повторного використання знань в предметній сфері;
- того, щоб зробити допуски в предметній сфері явними;
- виокремлення знань у предметній сфері від оперативних знань;
- аналізу знань у предметній сфері.

Побудова онтології часто не є кінцевою метою. Зазвичай, онтології далі використовуються іншими програмами для вирішення практичних цілей. На сучасному етапі розвитку науки існують завдання, де застосування онтологій може дати хороші результати. Однак зараз лише невелика кількість додатків природною мовою містить онтологічні бази, звідки береться знання про навколишню дійсність.

С. Ніренбург і В. Раскін [3, с.45] пропонують використовувати онтології в:

- машинному перекладі;
- опитувально-відповідних системах;
- інформаційному пошуку;
- системах здобування знань;
- загальних системах ведення діалогу між комп'ютером і людиною;
- системах розуміння мови (автоматичне реферування тексту, рубрикація та ін.)

Також можна згадати системи розширеного консультування, які включають кілька рівнів роботи з інформацією та будуються на базі інших додатків.

ОБГОВОРЮЄМО ПРОБЛЕМУ

Враховавши зміст зазначених вище умінь інженера-педагога в галузі комп'ютерних технологій, а також проаналізувавши застосування онтологій комп'ютерних систем у різних сферах, ми визначили основні напрямки використання ним онтологій у професійній діяльності (табл. 1).

Таблиця 1

Використання онтологій у професійній діяльності інженера-педагога

Автор	Напрямок	Використання
1	2	3
Лапшин В. А.	Штучний інтелект	Для формальної специфікації понять і зв'язків, які властиві певній сфері знань.
Попова М. А.	Інтерфейс	Дозволяє візуалізувати у легкодоступній наочній формі результат процесів інтеграції та агрегації розподілених інформаційних ресурсів у процесі організації взаємодії користувачів.
Когаловський М., Калиниченко Л.	Обробка природної мови	У процесі побудови вибірки визначень бази довідкового матеріалу для складних процедур обробки природної мови. Для розділення галузевих і загальноприйнятих знань, вважаючи, що це полегшить вилучення інформації з різних джерел, звуть пошукові запити і поліпшить якість виданих результатів.
Когаловський М., Калиниченко Л.	Системи питання-відповіді	Видає інформацію за запитом, при видачі відповідей система враховує закладені в неї відомості про навколишню дійсність: набір понять, відносин між ними, обмежень на відносини і список конкретних екземплярів.
Дін Ю., Фенсел Д., Кляйн М.	Класифікація товарів і послуг	Забезпечують наявність стандартизованого представлення інформації – так відбувається систематизація понять у сфері бізнесу, впорядкування їх описів.
Дін Ю., Фенсел Д., Кляйн М.	Семантична розмітка тексту	Користувач може генерувати і зберігати релевантні знання, необхідні для різних завдань (ці системи орієнтовані на інженера, якому треба обробляти великий обсяг інформації, витягувати структуровану інформацію).
1	2	3
Когаловський М., Калиниченко Л.	Моделювання організаційної структури підприємств	Онтологічне уявлення знань про суб'єкти економічної діяльності, які входять до складу будь-якої системи, можна використовувати для об'єднання їх інформаційних ресурсів у єдиний інформаційний простір.
Когаловський М., Калиниченко Л.	Системи нормативно-довідкової інформації (НДІ)	Ведення словників, довідників і класифікаторів та підтримка системи кодування об'єктів обліку. Онтологія забезпечує не конфліктне накопичення будь-якої кількості інформації в стандартній структурі класифікації.

Таким чином, на підставі аналізу наукової літератури та власних досліджень визначено основні напрямки застосування онтологій комп'ютерних систем у практичній діяльності майбутнього інженера-педагога в галузі комп'ютерних технологій – таких, як: штучний інтелект, інтерфейс, обробка природної мови, системи питання-відповіді, класифікації товарів і послуг, семантичної розмітки тексту, моделюванні організаційної структури підприємств, систем НДІ. Це зумовлено насамперед посиленням і зростанням розвитку інноваційних потреб для організації інформаційних процесів та фахової підготовки майбутніх інженерів-педагогів.

Професійна здатність до застосування онтології у різних сферах діяльності є невід'ємним чинником підготовки майбутнього інженера-педагога, але незважаючи на це, перспективою подальших досліджень у застосуванні онтології комп'ютерних систем бачимо аналіз розвитку не тільки інженерної складової підготовки інженера-педагога, а й педагогічної.

ЛІТЕРАТУРА

1. Noy N. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. // Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI – 2001 – 0880, March 2001. / N. Noy, D. L. McGuinness. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.html
2. Лапшин В. А. *Онтологии в компьютерных системах* / В. А. Лапшин. – М.: Научный мир, 2010. – 222 с.
3. Nirenburg S. *Ontological Semantics* / S. Nirenburg, V. Raskin – Cambridge: MA, 2004. – 240 p.
4. Gruber T.R. *The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases* / T. R. Gruber, J. A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell // *Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference* / eds. Morgan Kaufmann, 1991. – 601–602 p.
5. Когаловский М. *Концептуальное моделирование и онтологические модели* / М. Когаловский, Л. Калиниченко // *Онтологическое моделирование. Труды симпозиума в г. Звенигород, 19–20 мая, 2008*. – Звенигород, 2008. – С. 1–54.
6. Ding Y. *The role of ontologies in eCommerce* / Y. Ding, D. Fensel, M. Klein, B. Omelayenko, E. Schulten, *Handbook of Ontologies*, 2004. – 450 p.
7. Попова М. А. *Онтологічний інтерфейс як засіб представлення інформаційних ресурсів в ГІС-середовищі* / М. А. Попова, О. Є. Стрижак // *Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: География*. – 2013. – Т. 26 (65). – № 1–С. 127–135.
8. Коваленко О. Е. *Галузевий стандарт вищої освіти. Професійне навчання. Комп'ютерні технології в управлінні та навчанні. Стандарти освіти. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра* / О. Е. Коваленко, В. І. Лобунець, А. П. Тарасюк та ін. – К., 2000. – 34 с.
9. Ontos Live. *The Ontos News Portal, bringing you up-to-date and relevant news feeds. Sign up and start building your own personal feeds based around your needs and interests*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ontos.com/>
10. Научный центр интернет-технологий «ИНТЕРТЕХ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.intertech.ru/Production/sol+tech.asp>