

АПРОКСИМАЦІЯ ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОБ’ЄКТІВ ОНТОЛОГІЇ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ

© Литвин В. В., Голяк М. Я., 2015

Запропоновано метод апроксимації коефіцієнта достовірності інформаційних об’єктів онтологій предметної області на основі поліноміальних сплайнів. Розроблений метод дає змогу видаляти зайві об’єкти онтології, межа достовірності яких нижча від певного наперед заданого порогу.

Ключові слова: онтологія, апроксимація, достовірність, сплайн, база знань.

The method of coefficient approximation of information objects domain ontologies reliability is proposed in the article. This method is based on polynomial splines. It makes it possible to remove unnecessary ontology objects that possess the reliability limit below a certain pre-specified point.

Key words: ontology approximation, reliability, spline, knowledge base.

Вступ. Загальна постановка проблеми

Результати досліджень двох останніх десятиліть спричинили активне використання онтологій як концептуальної схеми реляційних баз даних, які лежать в основі інформаційних систем [1]. Онтологія предметної області задається у вигляді базових понять, які організуються у таксономію, і множини зв’язків між ними. Дані, при цьому, представляються у вигляді множини різнотипних інформаційних об’єктів — екземплярів понять і відношень онтології. У сукупності об’єкти утворюють контент або інформаційне наповнення системи. Кожний об’єкт визначається поняттям або відношенням онтології і, будучи екземпляром класу, має задану структуру.

Інформаційна система повинна відображати зміни, що відбуваються в її предметній області. Очевидно, що факти, які накопичуються в системі, (властивості або твердження про об’єкти) можуть виявитися неправильними, суперечливими або некоректними. Підтримка контенту в актуальному стані підвищує ефективність виконання системою своїх функцій, дає змогу менш марнотратно використовувати комп’ютерні ресурси і знижує ймовірність виникнення помилок.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання оцінки якості створюваних онтологій є однією з актуальних проблем сучасного онтологічного інжинірингу. Ця частина процесу розробки онтологій важлива в практичному сенсі, і це є причиною того, що різні групи вчених розробили безліч різних підходів в галузі оцінки онтологій. Сьогодні відомо більше десятка методів, і завдання вибору відповідної методики для виконання конкретного завдання стає все складнішим.

Огляд існуючих методів і підходів в оцінці онтологій, викладені в роботах [2, 3]. Якісні критерії оцінки з позицій гештальт-психології запропоновані в роботі Гаврилової [4].

У наявних методах оцінки онтологій висунуто одну з таких цілей:

1. Повнота і точність словника предметної області. Таке завдання виконують підходи, описані в роботах [5, 6].

2. Адекватність структури з погляду таксономії, відношень тощо. Найвідоміша в цьому відношенні формальна онтологія метавластивостей OntoClean [7].

3. Сприйняття (з когнітивного погляду). Гештальт-підхід описаний у роботі [8]. Вибір кращої онтології з декількох наявних. Як правило, такі роботи використовують різні метрики, наприклад Ontometric [9].

Оцінку онтологій можна застосовувати на різних стадіях розробки і використання онтологій. Можливі зазначені нижче варіанти [10]: розробка та прототипування; тестування перед випуском; використання. За ступенем автоматизації всі методи оцінки онтологій можна розділити на три групи: автоматичні (наприклад, EvaLexon); напівавтоматичні; ручні. Об'єктами для аналізу в існуючих методах можуть бути один або декілька з наведених нижче об'єктів: структура, словник, Ефективність практичного використання. За засобами, що використовуються для аналізу якості та зрілості онтологій, можна всі методи розділити на кілька класів:

- Засновані на даних (Data-driven).
- Експертні оцінки.
- Дослідження профілів використання.
- Порівняння з "золотим стандартом".
- Дослідження топології графа онтології.

Питання, що стосуються суб'єктивного сприйняття онтологій, тобто когнітивної ергономіки (розділ ергономіки, в якому вивчаються інтерфейси взаємодії людини з програмним забезпеченням, на основі вивчення його мислення, пам'яті, сприйняття тощо) при оцінці онтологій, розглядаються в роботах [11, 12]. Перша з цих робіт послужила початковою точкою для формування принципів, що лежать в основі сприйняття онтологій, викладених нижче. У другій роботі пропонується кілька метрик, які можна використовувати для оцінки когнітивної ергономіки.

З погляду поданої на рис. 1 класифікації, запропоновану в роботі модель оцінки можна описати так:

- Мета: оцінка сприйняття (з когнітивного погляду), вибір кращої онтології з декількох наявних.
- Об'єкт аналізу: структура онтології.
- Засіб аналізу: аналіз топології графа онтології.
- Ступінь автоматизації: автоматичний, напівавтоматичний (остаточне рішення приймає експерт на основі автоматично обчисленої моделі).
- Стадія застосування: розробка та прототипування (підрахунок можна проводити на кожній наступній ітерації розробки), тестування перед випуском.
- Дослідження якості онтології на основі аналізу графа. Підхід до оцінки якості на основі топології графа онтології використаний в роботах [11, 12].

У другій роботі наводиться доволі багато метрик, що використовуються для аналізу якості онтології, частина з яких розраховується на основі топології графа онтології. Тут наведено ті з них, які належать до метрик когнітивної ергономічності (у контексті цих метрик будемо далі розглядати тільки is-A дуги в якості ребер графа):

Глибина онтології. Gangemi [12] виділяє три метрики для підрахунку глибини:

- Абсолютна глибина. Обчислюється як сума довжин усіх шляхів графа (де шляхом називається будь-яка послідовність з'єднаних між собою вершин, що починається від кореневої вершини і закінчується листом графа).
- Середня глибина. Дорівнює абсолютній глибині, поділеній на кількість шляхів у графі.
- Максимальна глибина. Дорівнює максимальній довжині шляху.

Що більша глибина, то важче граф піддається сприйняттю.

Ширина онтології.

Абсолютна ширина. Дорівнює сумі кількості вершин для кожного рівня ієрархії по всіх рівнях.

Середня ширина. Обчислюється як абсолютна ширина, поділена на кількість рівнів ієрархії.

Максимальна ширина. Дорівнює кількості вершин на найбільшому за кількістю вершин рівні.

Що вона менша, то краще з погляду когнітивної ергономічності.

Заплутаність онтології (tangledness). Визначається як кількість вершин графа онтології, поділена на кількість вершин, у яких є кілька безпосередніх суперкласів. Отже, в онтологіях, де немає множинного спадкоємства (зв'язку is-A), ця метрика дорівнюватиме нулю. Що менше підсумкове значення, то краща онтологія з погляду когнітивної ергономічності.

Відношення кількості класів до кількості властивостей. Що більше, то легше сприймати онтологію.

Кількість анонімних класів. Для покращення сприйняття, краще мінімізувати їх число.

Незважаючи на корисність цих метрик, вони покривають лише дуже невелику частину факторів, що впливають на наше сприйняття і здатність до запам'ятовування. У наступному розділі викладені принципи, що впливають на когнітивні здібності людини, які лягли в основу запропонованої моделі метрик.

«Організація будь-якої структури в природі або у свідомості повинна бути настільки хороша (регулярна, повна, збалансована або симетрична), наскільки дозволяють поточні умови».

Також корисними можуть бути й інші когнітивно-перцептивні принципи:

Закон близькості – візуальні стимули (об'єкти), що знаходяться близько один від одного, сприймаються як єдине ціле.

Закон подібності – речі, що мають однакові властивості, зазвичай сприймаються як щось єдине (ціле).

Закон включення В. Келера – є тенденція сприймати тільки велику фігуру, а не ту меншу, яку вона включає.

Закон парсимонії – найпростіший приклад є найкращим, відомий як принцип «бритви Оккама»: «не треба множити сутності без необхідності».

Для цілей онтологічного інжинірингу ці закони можна переформулювати і застосовувати для практичного інженера зі знань. Основна гіпотеза може бути сформульована як: «Гармонія = концептуальний баланс + ясність».

При цьому концептуальний баланс має на увазі таке.

Поняття одного рівня ієрархії зв'язуються з батьківським концептом одним і тим самим типом відношень (наприклад, «клас-підклас» або «частина-ціле»).

Глибина гілок онтологічного дерева повинна бути приблизно однаковою (± 2).

Загальна картинка повинна бути доволі симетричною.

Перехресні посилання повинні бути за можливості вилучені.

В ясність входить:

мінімізація. Так максимальне число концептів одного рівня або глибина гілки не повинні перевищувати знамените число Інгве-Міллера (7 ± 2) [13];

прозорість для читання. Тип відношень повинен бути за можливості очевидний, так щоб не перевантажувати схему онтології зайвою інформацією і опускати назви відносин.

Отримана в цій роботі модель оцінки якості онтології заснована на принципах, викладених вище, і багато в чому є їх формалізацією. Метою застосування моделі є оцінка збалансованості та сприйняття онтологій користувачами.

Суб'єктивні метрики оцінки якості онтології

До суб'єктивних метрик ми зараховуємо всі метрики, що оцінюють сприйняття онтології людиною. На якість онтології з когнітивного погляду впливають безліч аспектів, багато з яких описані в попередньому розділі. Запропонована модель оцінки складається з декількох метрик, на основі вимірювання яких, можна зробити деякі висновки про якість онтологій. Вони розглянуті нижче. Прийmemo такі позначення:

g – граф, який представляє онтологію. Концепти (класи і екземпляри) онтології є вершинами графа, відносини між концептами представлені у вигляді ребер графа:

G – множина всіх вершин графа g ;

E – множина всіх ребер графа g .

Формування мети

У цій роботі запропонований метод автоматичного опрацювання вхідного потоку інформаційних об'єктів і метод оцінки достовірності даних в інформаційній системі на основі апроксимації поліноміальними сплайнами.

Аналіз отриманих наукових результатів

Концептуальна схема вказує на сутності, які можуть існувати в проблемній області, тобто на сутності, що існують, існували або могли коли-небудь, існувати. Вона також вказує на факти і події, які є можливими або обов'язковими для цих сутностей. Вся інша інформація про сутності і їхній фактичний стан у визначений момент або період часу належить до інформаційної бази.

Необхідно враховувати такі фактори під час визначення змісту концептуальної схеми:

- опис класів (типів) сутностей проблемної області, а не окремих екземплярів;
- опис понять, які менше піддаються змінам;
- включати правила або обмеження, що мають значний вплив на поведінку сутностей предметної області (а тому впливають на зміст концептуальної схеми й інформаційної бази).

Повинні дотримуватися загальні принципи концептуальної схеми:

Принцип 100 %. Принцип, відповідно до якого всі загальні аспекти, тобто всі правила, закони тощо, проблемної області повинні бути описані в концептуальній схемі, причому інформаційна система не може нести відповідальність за недотримання правил і законів, описаних не в концептуальній схемі.

Принцип концептуалізації. Принцип, відповідно до якого в концептуальну схему мають входити статичні і динамічні аспекти проблемної області тільки концептуального рівня, які не стосуються зовнішніх і внутрішніх аспектів представлення й організації даних (фізичної організації даних і доступу до них, аспектів представлення, що стосуються окремих користувачів).

Основні ролі концептуальної схеми:

- забезпечити загальну основу для розуміння загальної поведінки предметної області;
- визначити припустиму еволюцію і маніпулювання інформацією про предметну область;
- забезпечити основу для інтерпретації зовнішніх та внутрішніх синтаксичних форм, що надають інформацію про предметну область.

Для того, щоб оцінити корисність факту для інформаційної системи, необхідно визначити його трасову метрику або достовірність. Фактом, у нашому випадку, називається мінімальне знання про об'єкт, інакше кажучи, це або значення атрибуту об'єкта, або його зв'язки з іншими об'єктами. Достовірність (trustworthiness) визначає ступінь довіри до факту рядовому користувачу інформаційної системи. Для оцінки використовуються характеристики джерел факту, і враховується час його існування в інформаційній системі. Ці характеристики описані нижче.

Для побудови онтологій прийнято використовувати чотири моделі подання знань: фрейми для подання понять, семантичні мережі для подання відношень, логіка предикатів другого порядку для подання аксіом та продукційні правила для побудови правил виведення. Семантичну мережу фреймів (концептів) називають концептуальним графом (КГ).

У загальному вигляді структура онтології являє собою набір елементів чотирьох категорій: поняття; відношення; аксіоми; окремі екземпляри.

Поняття розглядаються як концептуалізації класу всіх представників якоїсь сутності чи явища (наприклад, БМП, знаки на карті). Класи (або поняття) є загальними категоріями, які можуть бути впорядковані ієрархічно. Кожен клас описує групу індивідуальних сутностей, які об'єднані на підставі наявності загальних властивостей. Поняття можуть бути пов'язані різного роду відношеннями (наприклад, довжина, розташування), які пов'язують класи і описують їх. Найпоширенішим типом відношення, що використовується у всіх онтологіях, є відношення категоризації, тобто віднесення деякого об'єкта до певної категорії. Поряд із зазначеними елементами онтології в неї також входять так звані «екземпляри». Екземпляри – це окремі представники класу сутностей або явищ, тобто конкретні елементи певної категорії (наприклад, екземпляр класу Знак є знак БТР). Складові онтології підпорядковуються своєрідній ієрархії. На нижньому рівні цієї ієрархії знаходяться екземпляри, конкретні індивіди, вище йдуть поняття, тобто категорії. На рівень вище розташовуються відношення між цими поняттями. Об'єднують ці всі елементи правила та аксіоми. Наведемо приклад онтологічного підходу. Для побудови онтологічної моделі, насамперед, необхідно визначити ієрархію понять (множину S). Приклад такої таксономії понять, яка задає Сухопутні війська Збройних сил України (СВ ЗСУ), подану за допомогою діаграми класів UML, наведено на рис. 1.

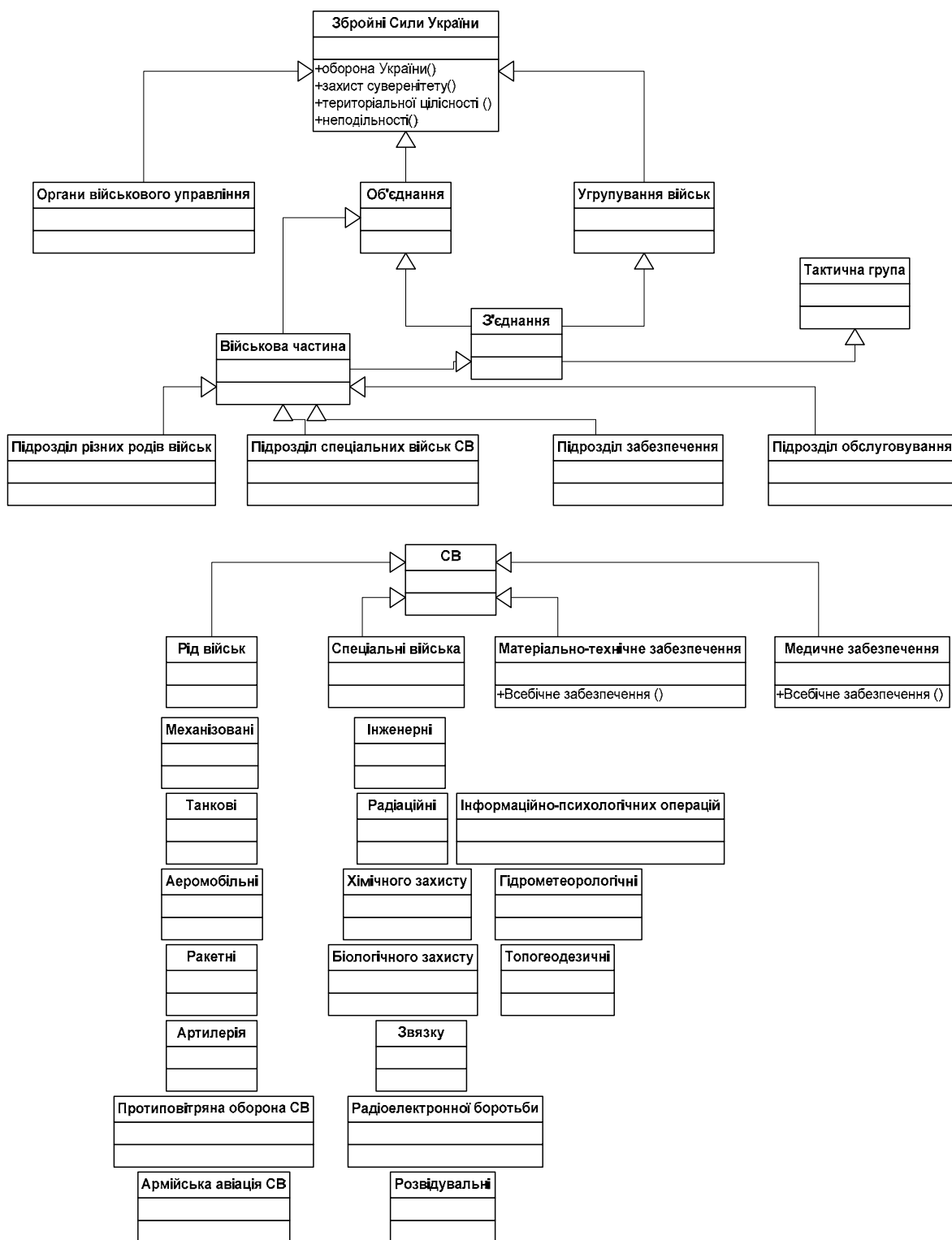


Рис. 1. Таксономія понять Збройних сил України та сухопутних військ у вигляді діаграми класів UML

Основним методом побудови інфологічної моделі у вигляді онтології є використання класифікацій. Класифікація – засіб впорядкування знань. В об’єктно-орієнтованому аналізі визначення загальних властивостей об’єктів допомагає знайти загальні ключові абстракції й механізми, що, своєю чергою, приводить нас до простішої архітектури інфологічної моделі

системи. Сьогодні не розроблені строгі методи класифікації й немає правил, що дають змогу виділяти класи й об'єкти. Немає таких понять, як “ідеальна структура класів”, “правильний вибір об'єктів”. Вибір класів є компромісним рішенням. Метою класифікації є визначення загальних властивостей об'єктів. Класифікуючи, ми поєднуємо в одну групу об'єкти, що мають однакову будову або однакову поведінку.

Під час побудови онтології можуть виникнути проблеми. Під час класифікації існує можливість появи неоднозначностей залежно від того, якій диференційній ознаці віддавати перевагу. Вибір того чи іншого рішення іноді доволі складно обґрунтувати. Найважливішим тут є вибрати який-небудь підхід і дотримуватися його протягом всієї роботи, тому варто задуматися над низкою проблем і можливими універсальними методами їх усунення ще до початку прийняття рішень. При створенні концептів виникає «проблема примітивності». Майже вся семантика та подання знань ґрунтуються на композиційній гіпотезі: можна визначити обмежений набір одиничних сутностей («атомів»), а всі інші («молекули») представляти як комбінацію (композицію) атомів. При цьому виникає питання: як багато таких «атомів» необхідно? У сучасних дослідженнях можна знайти два різних підходи: економний і неощадливий.

Економний підхід полягає у створенні малої кількості елементарних концептів, семантично простих, за допомогою яких можна пояснити значення складніших понять. Тоді легко виявити зв'язність понять, однак складно утворювати нові сутності. Семантичні примітиви – це лексичні одиниці, що виражають елементарні, базові значення. Кількість таких одиниць не перевищує 100.

Неощадливий підхід дає змогу створювати будь-яку кількість індивідуальних сутностей онтології. Ця кількість може варіюватися від 10 до 100 000 і більше. Тут важко визначити зв'язність понять. Тобто такий підхід супроводжується, по суті, відмовою від композиційної гіпотези, але такий підхід має й перевагу, а саме легко формувати складні сутності. Важко сказати, який підхід кращий, все залежить від того, як багато сутностей або наскільки складна предметна область. Підсумовуючи, слід наголосити, що сучасна практика показує, що економного підходу дотримуються переважно формалісти, а користувачі схилиються до неекономного.

Побудова онтології – складний процес, не завжди легко виділити поняття та диференційні ознаки. Існує кілька варіантів дій, що залежать від конкретних завдань і вихідного матеріалу. Існує можливість збору елементів для онтології безпосередньо. За такого підходу спочатку збирають і класифікують поняття, потім визначають відношення між ними. Універсальна вимога до онтології полягає в тому, що загальна структура онтології повинна бути зрозумілою і має існувати можливість її багаторазового використання. Інші вимоги такі:

- зрозумілість: онтологія повинна бути зрозумілою й легко передавати зміст предметної області; вона повинна бути об'єктивною;
- послідовність: у ній повинні міститися твердження, які не суперечать одне одному, ієрархії понять (які зв'язані відношеннями), екземплярам;
- можливість розширення: наявність можливості введення нових елементів;
- мінімальний ступінь спеціалізації онтології: небажаність повного підпорядкування онтології конкретній задачі, що може ускладнити її подальше використання в інших задачах.

Не можна стверджувати, що цей список вимог до онтології є вичерпним, але він може допомогти при прийнятті тих чи інших рішень, що стосуються побудови інфонологічної моделі ПО.

Існують формалізовані і докладні описи стандартів для онтологій. Наприклад Expert Advisory Group on Language Engineering Standards (<http://www.ilc.cnr.it/EAGLES96/home.html>), International Standard for Language Engineering (<http://www.mpi.nl/ISLE/>), The Language Technology Resource Center (<http://lrc.mit.edu/References/Standards/>). Використання стандартів має стати запорукою того, що створений інформаційний ресурс буде легко впроваджуватися у вже існуючі системи і враховуватиме всі особливості інформаційних технологій.

Отже, за допомогою онтологічного підходу в інфонологічній моделі простіше задавати відношення ієрархічності між сутностями, оскільки онтологія за замовченням має ієрархічний характер. Основною проблемою такого підходу є правильна класифікація понять, тобто їхнє місце розташування в онтології.

Зміна достовірності факту F в інформаційній системі описується ланцюжком пар $\langle j, \pi_j^F \rangle$, де j – момент часу, π_j^F – достовірність у момент часу j , тобто дискретною множиною або точкою у двовимірному просторі. Ухвалення рішення щодо факту на основі тільки поточного значення достовірності неефективне внаслідок того, що достовірність може опуститися нижче від мінімально припустимого значення у разі похибки під час оцінювання, низького авторитету обраного джерела або інших факторів. Для зменшення ступеня впливу подібних збурювань необхідно аналізувати окіл поточної точки. Аналіз дискретних околів також виявився неефективним, тому що не дозволяє прийняти рішення у випадку коливань достовірності навколо середнього значення. У цьому випадку ми можемо усереднити і оцінити значення в проміжних точках, апроксимуючи або інтерполюючи наявну множину точок, або її підмножину, гладкою кривою. Окремі сегменти кривої дозволяють оцінити рівень довіри в заданому околі поточного моменту часу без врахування впливу попередньої історії. Для розв'язування цієї задачі проаналізували різні методи апроксимації й інтерполяції кривими і за підсумками обрано метод апроксимації сплайном [14]. Щоб прийняти рішення про подальшу долю факту, довіра до якого на поточний момент часу опустилася нижче від мінімально припустимого, пропонується виділяти загальну тенденцію поведінки, ґрунтуючись на аналізі кривої апроксимації хвоста з декількох значень. З урахуванням розуміння про обчислювальну складність було вирішено будувати поліноміальні сплайни. На відрізку $[a = j_0, b = j_0 + T]$, j_0 – початковий момент часу, введемо сітку

$$\Delta_n = \{x_i : a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b\}. \quad (1)$$

Функцію $S_m(x) = S_{m,k}(x, \Delta_n)$ називають поліноміальним сплайном степеня m дефекту гладкості k ($0 \leq k \leq m$) на $[a, b]$, якщо виконуються умови:

1. $S_m(x)$ має на $[a, b]$ неперервні похідні до порядку $m-k$ включно;
2. На кожному відрізку $[x_j, x_{j+1}]$ ($j = \overline{0, n-1}$) $S_m(x)$ – многочлен степеня не вище m . Точки x_j ($j = \overline{0, n}$) називаються вузлами сплайна $S_m(x)$.

Нехай функція $u(x)$ визначена на відрізку $[a, b]$ і нехай на ньому взято $n+1$ вузол t_i ($i = \overline{0, n}$). Якщо в точках t_i виконуються умови $S_m(t_i) = u_i = u(t_i)$ ($i = \overline{0, n}$), то $S_m(x)$ називають інтерполяційним сплайном для функції $u(x)$, а вузли t_i – вузлами інтерполяції.

Лінійний інтерполяційний сплайн записують у вигляді

$$S_1(x) = f_{i-1} \frac{x_i - x}{h_i} + f_i \frac{x - x_{i-1}}{h_i} = \omega f_{i-1} + (1 - \omega) f_i, \quad (2)$$

$$0 \leq \omega \leq 1, \quad x_{i-1} \leq x \leq x_i,$$

де

$$\omega = \frac{x_i - x}{h_i}, \quad h_i = x_i - x_{i-1},$$

а кубічний (дефекту 1) у вигляді

$$S_3(x) = \omega f_{i-1} + (1 - \omega) f_i +$$

$$+ h_i^2 \left\{ (\omega^3 - \omega) \sigma_{i-1} + \left[(1 - \omega)^3 - (1 - \omega) \right] \sigma_i \right\} \sigma_i^{-1} \quad (3)$$

$$x_{i-1} \leq x \leq x_i.$$

У (2) і (3) вузли сплайна і вузли інтерполяції збігаються.

Перші два доданки кубічного сплайна відповідають лінійному сплайну, а кубічна поправка забезпечує додаткову гладкість. Із (3) випливає властивість інтерполяції незалежно від вибору σ . Через те, що $S_3''(x)$ – лінійна функція, то з (3) одержуємо

$$\sigma_i = S_3''(x_i), \sigma_{i-1} = S_3''(x_{i-1}). \quad (4)$$

Для визначення σ через значення $f(x)$ у вузлах x_i скористаємося умовою неперервності перших похідних сплайна в точках розбиття.

Обчислення $S_3(x)$ в граничній точці x_i відрізків $[x_{i-1}, x_i]$, $[x_i, x_{i+1}]$ дає

$$S_3'(x_{i-0}) = \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} + \frac{h_i}{6}(2\sigma_i - \sigma_{i-1}), \quad i = \overline{0, n}, \quad (4')$$

$$S_3'(x_{i+0}) = \frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} - \frac{h_{i+1}}{6}(2\sigma_i - \sigma_{i+1}), \quad i = \overline{0, n-1}. \quad (4'')$$

Умова гладкості $S_3'(x_{i-0}) = S_3'(x_{i+0})$ приводить до співвідношень

$$h_i \sigma_{i-1} + 2(h_i + h_{i+1}) \sigma_i + h_{i+1} \sigma_{i+1} = 6 \left[\frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} - \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} \right], \quad i = \overline{1, n-1}. \quad (5)$$

Це система $n-1$ лінійних алгебраїчних рівнянь відносно невідомих σ_i ($i = \overline{0, n}$). Тому задаються ще дві умови, а потім розв'язують методом прогонки відповідну систему лінійних алгебраїчних рівнянь. Побудувавши у такий спосіб сплайн, можемо прогнозувати достовірність інформаційних об'єктів онтології в часі. Об'єкти, достовірність яких менша від деякого порогу, вилучаються із онтології. Це дає змогу підвищити ефективність концептуальної схеми інформаційної системи, яка задається онтологією предметної області [15–20].

Висновки і перспективи подальших наукових розвідок

Отже, у цій роботі запропоновано метод апроксимації коефіцієнта достовірності інформаційних об'єктів онтологій предметної області на основі поліноміальних сплайнів. Множина таких інформаційних об'єктів слугує основою концептуальної схеми інформаційної системи, тому достовірність вмісту такої множини є актуальною задачею. Визначивши достовірність таких об'єктів у часі, запропоновано її апроксимувати для видалення зайвих об'єктів онтології, межа достовірності яких нижча від певного наперед заданого порогу. Предметом подальшого дослідження буде задача автоматичного задання достовірності інформаційних об'єктів залежно від джерела інформації.

1. Коголовский М. Р. Системы доступа к данным на основе онтологий // Труды Второго симпозиума «Онтологическое моделирование», Казань 2010. – М.: ИПИ РАН, 2011. – С. 45–78.
2. Hartmann J. Et al. Methods for ontology evaluation. Knowledge Web Deliverable D1.2.3, 2005. <http://www.starlab.vub.ac.be/research/projects/knowledgeweb/KWeb-Del-1.2.3-Revised-v1.3.1.pdf>.
3. Brank J., Grobelnik M., Mladenic D. A survey of ontology evaluation techniques. In In Proceedings of the Conference on Data Mining and Data Warehouses (SiKDD 2005), Ljubljana, Slovenia, 2005. <http://kt.ijs.si/dunja/sikdd2005/Papers/BrankEvaluationSiKDD2005.pdf>.
4. Гаврилова Т. Об одном подходе к онтологическому инжинирингу // Ж. «Новости искусственного интеллекта», № 3, 2005. – С. 25–31.
5. Maedche A., Staab S., Measuring similarity between ontologies. Proc. CIKM 2002. LNAI vol. 2473.
6. Brewster C. et al. Data driven ontology evaluation. Proceedings of Int. Conf. on Language Resources and Evaluation, Lisbon, 2004.
7. Guarino N., Welty C., Evaluating ontological decisions with OntoClean. Comm. of the ACM, 45(2):61–65, February 2002.
8. Gavrilova T., Gorovoy V. Technology for ontological engineering lifecycle support. //International Journal "Information Theories & Applications" Vol.14 / 2007 – P. 19–25.
9. Lozano-Tello A., Gomez-Perez A., Ontometric: A method to choose the

appropriate ontology. *J.Datab. Mgmt.*, 15(2):1–18) 2004. 10. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень: монографія / В. В. Литвин. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. – 240 с. 11. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях: монографія // Д. Г. Досин, В. В. Литвин, Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник. – Львів: Цивілізація, 2009. – 414 с. 12. Gangemi A., Catenacci C., Ciaramita M., Lehmann J. *Ontology evaluation and validation. An integrated formal model for the quality diagnostic task.* http://www.loa-cnr.it/Files/OntoEval4OntoDev_Final.pdf. 13. Miller G. *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information.* *The Psychological Review*, 1956. 63: 81–97. 14. Де Бор К. (1985). *Практическое руководство по сплайнам.* – М.: Радио и связь. 304 с. 15. Литвин В.В. Підхід до побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій // *Проблеми програмування: наук. журн. / Нац. акад. наук України; Інститут програмних систем.* – К., 2013. – № 4. – С. 43–52. 16. Берко А. Ю. Застосування методу контент-аналізу для формування інформаційних ресурсів системах електронної контент-комерції / А. Ю. Берко, В. А. Висоцька, М. М. Сороковський // *Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка".* – 2012. – № 743: Інформаційні системи та мережі. – С. 3–15. 17. Берко А. Ю. Структура засобів опрацювання інформаційних ресурсів у системах електронної контент-комерції / А. Ю. Берко, В. А. Висоцька, Л. В. Чирун // *Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка".* – 2013. – № 770 : Інформаційні системи та мережі. – С. 12–21. 18. Висоцька В. А. Архітектура систем електронної контент-комерції / В. А. Висоцька, Л. В. Чирун // *Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка".* – 2014. – № 783 : Інформаційні системи та мережі. – С. 39–55. 19. Висоцька В. А. Особливості генерування семантики речення природною мовою за допомогою породжувальних необмежених та контекстозалежних граматик / В. А. Висоцька // *Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка".* – 2014. – № 783: Інформаційні системи та мережі. – С. 271–292. 20. Берко А. Ю. Створення та застосування систем електронної контент-комерції / А. Ю. Берко, В. А. Висоцька, Л. В. Чирун // *Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка".* – 2014. – № 805: Інформаційні системи та мережі. – С. 23–36.