

ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

DOI 10.31891/2307-5732-2021-303-6-277-284

УДК 004.942

СТИСЛО Т. Р., ВАЩИШАК С. П., БОЙЧУК А. М., РИБАЧОК І. І.

ЗВО «Університет Короля Данила»

АЛГОРИТМИ АГРЕГАЦІЇ ПОВІДОМЛЕНЬ ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

В роботі представлено вдосконалення алгоритмів з допомогою обмежень і реалізація на їх основі програмного модуля, що здатний зберігати, агрегувати та опрацьовувати дані та знання предметної області, зокрема для процесів агрегації повідомлень зворотного зв'язку в веб-комунікаціях, а також може бути використаний як ядро інтелектуальної системи.

Ключові слова: інтелектуальна інформаційна система, об'єктно-орієнтоване програмування, програмне забезпечення, система управління базами даних, система управління базами знань, агрегація.

T. STYSLO, S. VASHCHYSHAK, A. BOICHUK, I. RYBACHOK

King Danylo University

FEEDBACK AGGREGATION ALGORITHMS

Intelligent information systems as well as artificial intelligence systems have a special place in modern information technologies. These industries put a strong emphasis on the development of autonomous software modules that would be able to perform mental work instead of people or at least possess some features of intelligence. Some typical problems, which can be solved this way, include management of complex processes; search for optimal design solutions; credit and investment risk assessment; assessment of the enterprise efficiency; medical diagnostics, data aggregation systems.

Thus, an important element of such systems is the knowledge base, i.e. their "memory" ("experience"). To create a knowledge base, it is necessary to determine in what form it will represent knowledge as well as how it will be accumulated, stored and processed to obtain a certain result. Therefore, the presentation of knowledge plays a very important role for artificial intelligence systems and the science of thinking. The main purpose of this field is to develop methods for formalizing knowledge and finding ways of representation, which will enable an effective process of logic inference.

To manipulate a variety of real-world knowledge with a computer, it is necessary to solve the problem of modeling it. There are many models of knowledge representation, modification and aggregation with significant differences in architecture, capabilities and means of adding knowledge (logical forms, semantic networks, production rules, frames, etc.). To compare the efficiency of the model of knowledge representation implemented in this paper with the performance of other forms of knowledge representation, the following criteria were used: the level of complexity of the knowledge element; universality (possibility of application for various subject areas); authenticity and clarity of the model; the effectiveness of building a logical conclusion and obtaining new knowledge; the volume of the model in terms of memory for storing the item; convenience of model-based system development.

Keywords: intelligent information system, object-oriented programming, software, database management system, knowledge base management system, aggregation.

Постановка проблеми

Кожна галузь людської діяльності тією чи іншою мірою включає мислення та вирішення складних задач і вимагає інтелектуальної активності. Для цього необхідно володіти певною інформацією, оскільки міркування нерозривно зв'язані зі знаннями, які є їх результатом та одним із засобів існування. Такий зв'язок особливо характерний для проблеми розуміння, яка виникає при розгляді інтелектуальних задач різного роду [1]. Під час дослідження процесів мислення увага приділяється не інформації, якою воно оперує, а методам та способам її отримання, зберігання і обробки, що і вважаються метою будь-якого розумового акту.

Метою роботи є: вдосконалення алгоритмів представлення знань з допомогою обмежень і реалізація на їх основі програмного модуля, що здатний зберігати, агрегувати та опрацьовувати дані та знання предметної області, зокрема для процесів агрегації повідомлень зворотного зв'язку в веб-комунікаціях, а також може бути використаний як ядро інтелектуальної системи.

Виклад основного матеріалу

При розробці інтелектуальної інформаційної системи для агрегації даних виділяють кілька основних напрямів роботи [2]:

- 1) Подання знань – формалізація і подання елементів знань у пам'яті системи.
- 2) Маніпулювання знаннями – сукупність алгоритмів та процедур оперування знаннями, що забезпечують можливість їх використання.
- 3) Спілкування – процес комунікації та обміну знаннями між оператором і системою.
- 4) Сприйняття – імітація зорового розпізнавання образів для вилучення знань.
- 5) Навчання – здатність системи «набиратися досвіду», на основі якого розв'язувати задачі, з якими вона раніше не стикалася.

б) Поведінка – набір процедур, що дозволяють системі адекватно взаємодіяти із конкретним навколишнім середовищем.

Знаннями (*knowledge*) у широкому змісті цього слова у теоріях штучного інтелекту та інформаційних систем називають організовану сукупність даних, понять, фактів, закономірностей, що близькі між собою за тематичною ознакою і разом утворюють цілісну структуру [1]. З психологічної точки зору знання є моделлю інтелекту (або пам'яті) людини. Воно представляє її бачення світу (чи окремої його частини – предметної області).

Проблема подання знань (*knowledge representation problem*) у інформаційних системах виникла на основі проблеми представлення даних [2]. На початковому етапі її появи основну роль у математичному забезпеченні ЕОМ відігравали програми, тоді як дані були для них лише ресурсом. З часом типи даних ускладнювались: від простих чисел та текстових рядків до векторів, матриць, таблиць, списків, а далі файлів та складних структур. Такий розвиток сприяв тому, що структури даних змінилися якісно і разом з цим змінився їх статус. По суті, знання є добре структурованими даними чи даними про дані – метаданими.

Відрізнити знання від звичайних даних можна за такими ознаками [2]:

- 1) складна структура (знання володіють гнучкою структурою, на відміну від даних, що подаються таблицями чи списками);
- 2) опис здебільшого якісних характеристик предметів (знання втілює в собі певний досвід пізнавальної і практичної діяльності);
- 3) внутрішня інтерпретація (знання можуть бути відтворені певним чином);
- 4) активність (знання накопичуються не лише під час створення системи, а й під час її функціонування – на основі вже існуючих);
- 5) структурованість (знання мають ієрархічну будову – кожен елемент знань може бути включений у інший, з кожного елемента можна виокремити певні складові);
- 6) наявність класифікованих зв'язків (між будь-якими двома елементами можливо встановити зв'язки і відношення різного типу – структуризації, функціональні, казуальні і семантичні відношення – що дозволяє спеціалістам вирішувати практичні задачі предметної області);
- 7) семантична метрика (наявність ситуативних відношень між елементами знань, таких як одночасність, сумісність, залежність, які в сукупності можна назвати відношенням релевантності, що дозволяє знаходити знання, близькі за змістом до наявних);
- 8) форма подання (для представлення знань виконується символічною мовою, що однаково близька як до звичайної мови, так і до мов програмування);
- 9) наявність можливостей узагальнення, доповнення тощо.

Можна виділити наступні типи знань [3]:

- а) *декларативні знання* – сукупність фактів, незалежних від часу і умов застосування, що являють собою множину тверджень про всі можливі стани предметної галузі. Вони поділяються на понятійні (набір фундаментальних теоретичних понять), конструктивні (набір структур, підсистем системи і зв'язків між елементами) і фактографічні (якісні і кількісні характеристики);
- б) *процедурні знання* – сукупність процедур, на основі яких можливо добути нові знання, відштовхуючись лише від початкових мінімально необхідних знань;
- в) *евристичні знання* – набір нестандартних методів вирішення тих чи інших задач;
- г) *семантичні знання* – уявлення про можливі стани об'єктів предметної області і можливі співвідношення між ними;
- д) *прагматичні знання* – сукупність способів розв'язування типових для обраної предметної галузі задач;
- е) *казуальні знання* – набір тверджень і причинно-наслідкових зв'язків між ними;
- ж) *метазнання* – знання про порядок і правила застосування інших типів знань.

Для того, щоб знання було зручно зберігати, обробляти та використовувати для отримання нових знань, їх необхідно формалізувати з допомогою розробленого математичного апарату. Підхід для подання знань обирається в залежності від типу наявних знань і рівня їх повноти. Чим більш точною, несуперечливою та експліцитною є інформація, тим менше неоднозначностей виникає при її обробці і тим ефективнішою є інтелектуальна система.

У загальному випадку знання можна розглядати як кортеж

$$A = \langle X, Y, f \rangle, \quad (1)$$

де X – відомості та знання про предметну область, Y – набір повідомлень і сигналів, що відображають ці відомості, f – відношення та зв'язки між елементами X та Y , що надають їм зміст (актуалізують). Таким чином, головне завдання науки полягає в побудові, дослідженні та зберіганні множин типових задач певного класу X , структур і ресурсів Y , пов'язаних з ними, і процесів та правил f їх співставлення та актуалізації [4].

Оскільки на практиці рідко вдається явно представити шукане правило f у вигляді звичайної формули, доводиться використовувати різноманітні явні чи конструктивні представлення X^* , Y^* , f^* , загальна форма яких наступна:

$$\begin{cases} X^* = \varphi(X) \\ Y = \psi(Y^*) \\ Y^* = f^*(X^*) \end{cases}, \quad (2)$$

де φ – правило кодування чи інтерпретації вхідного алфавіту, ψ – правило декодування чи інтерпретації вихідного алфавіту, f^* – залежність, підібрана так, щоб її можна було вивести і застосувати. Таким чином, шукане рішення системи 2 виражатиметься так:

$$Y = f(X) = \psi(f^*(\varphi(X))). \quad (3)$$

Елементи знань окремо одне від одного не мають риси інтелектуальності. Для того, щоб надати їм цю ознаку, їх потрібно осмислити, об'єднати і включити у якісь зв'язки та відношення з іншими елементами, організувавши єдиний модуль (базу).

Базою знань (*knowledge base*) називають механізм представлення та управління набором фактів, правил та процедур здійснення висновку, що характеризують певну предметну область [3].

Створення бази знань складається з двох основних етапів:

1. Розробка знакових структур та засобів для фіксування та зберігання знань.
2. Збір та розміщення знань у базі.

База знань повинна включати як загальновідомі визначення, факти, закономірності, так і сукупність інтуїтивних висновків та емпіричних правил, на які опираються користувачі, приймаючи рішення при неповній інформації чи в умовах невизначеності.

Крім основних знань, отриманих від експертів, у базу можуть входити метазнання – опис того, що являють собою знання, або перелік операцій та процедур, які можна здійснити з ними. Ще одним джерелом отримання знань є інженерія даних (*data mining*) – процес підтримки ухвалення рішень, що базується на пошуку у блоках даних прихованих закономірностей (шаблонів інформації). Інженерія даних є міжгалузєвою областю, що виникла на базі таких наук як прикладна статистика, розпізнавання образів, штучний інтелект, теорія баз даних, алгоритмізація, машинне навчання [5].

Процес інженерії даних передбачає отримання раніше невідомих, корисних, нетривіальних, об'єктивних і доступних для інтерпретації знань із великих блоків даних. В результаті цього процесу отримується сукупність відомостей, яка утворює цілісний опис проблеми чи предметної області з певним рівнем обізнаності та деталей. Використання знань (*knowledge deployment*) передбачає досягнення з їх допомогою конкретних цілей.

Традиційні методи аналізу даних (статистичні методи) в основному орієнтовані на перевірку заздалегідь сформульованих гіпотез (*verification-driven data mining*) і на "поверхневий" аналіз, що становить основу оперативної аналітичної обробки даних, тоді як одне з основних положень інженерії даних – пошук неочевидних закономірностей.

Перспективами інженерії даних вважають наступні напрями розвитку:

- 1) виділення типів предметних областей з відповідними їм евристиками;
- 2) створення формальних мов і засобів для автоматизації конкретних галузей;
- 3) створення методів інженерії даних, здатних не лише отримувати з даних закономірності, але і формувати на їх основі якісь судження і навіть теорії;
- 4) подолання істотного відставання можливостей інструментальних засобів інженерії даних від теоретичних досягнень в цій області.

Для представлення і сприйняття знань потрібно користуватися конструктивною системою правил, що називаються формалізмами представлення знань [5].

Неформалізованими знаннями називають знання, отримані з допомогою нестандартних шляхів, таких як евристика, інтуїція, здоровий глузд.

Класифікацією (*classification*) вважають виділення певного критерію чи групи критеріїв для розподілу та групування знань по групах. Класифікація і встановлення еквівалентності об'єктів дозволяє виконувати такі важливі задачі, такі як фіксація знань, пошук за зразком, порівняння.

Для більш строгої формалізації складних та динамічних знань використовуються категорії та функтори. Дані засоби використовуються лише тоді, коли знання отримали досить повну описову модель, що обумовлене їх складністю.

Морфізмом (*morphism*) перетворення спеціального типу, що використовується для опису ознак еквівалентності, інваріантності та ін.

Категорією (*category*) називають сукупність об'єктів категорії (компонентів, характеристик, параметрів, властивостей) і морфізмів. Категорія представляється наступним кортежем:

$$K = \langle S, M \rangle, \quad (4)$$

де S – множина об'єктів категорії, M – множина морфізмів. Між цими множинами виконуються наступні співвідношення:

- а) кожна впорядкована пара $A, B \in S$ відображається у множину $M(A, B)$ морфізмів;
- б) кожен морфізм $m \in M$ входить лише в одну з множин $M(A, B)$;
- в) в класі морфізмів виконується закон композиції: добуток $a \times b$ морфізмів $a \in M(A, B)$ та $b \in M(B, C)$ належить $M(A, C)$ тоді, коли B і C співпадають;
- г) композиція морфізмів асоціативна:

$$(a \times b) \times c = a \times (b \times c); \quad a, b, c \in M; \quad (5)$$

- д) у кожній множині $M(A, A)$ є одиничний елемент I_A :

$$\forall a \in M(X, A): a \times I_A = a. \quad (6)$$

Функтором (*functor*) називають пару відображень, що зберігають композицію морфізмів і тотожні відображення: одне відображення перетворює об'єкти S , а інше – морфізми M .

Чітка математична основа категорій та функторів дозволяє досліджувати семантичний зміст правильно з математичної точки зору (шляхом побудови різноманітних моделей представлення знань), що необхідно для формалізації знань, побудови баз знань та інтелектуальної підтримки прийняття рішень.

Існує кілька різних методів машинного представлення знань. Найбільш відомі з них такі: логістичний, теоретико-графовий і метод, що використовує для опису світу вектор-функції, визначені на нормованих просторах.

Логістичний метод базується на залученні мови числення предикатів першого порядку для формування моделі зовнішнього світу, на використанні понять простору станів, а також методів доказу теорем і евристичних методів як основних механізмів пошуку рішень. Проте для створення машинної моделі реальної динамічної предметної області цей підхід виявляється непридатним.

При використанні теоретико-графового методу модель зовнішнього світу подається у формі графа, вузли якого відповідають можливим станам зовнішнього середовища, а дуги – можливим діям, що переводять систему з одного стану в інше.

Опис реального світу за допомогою вектор-функцій, визначених на нормованих просторах, використовується у методах, що базуються на положеннях теорії управління.

При традиційному підході побудови математичної моделі знань будується моделюючий алгоритм, внаслідок чого знання процедурно залежать від методу обробки. В інтелектуальних системах навпаки знання представлені у вигляді описової моделі, що формує базу знань, і явно не залежать від алгоритму обробки. Форма представлення знань суттєво впливає на характеристики і властивості ІС. Існують формальні і неформальні форми представлення знань [4]. У неформальних моделях здійснення логічного висновку значною мірою визначається розробником, тоді як формальні мають чіткі правила виводу.

Вибір моделі визначається наступними факторами:

- 1) характером предметної області;
- 2) архітектурою інформаційної (експертної) системи;
- 3) потребами і цілями користувачів;
- 4) рівнем мови спілкування.

Логічні моделі. В основі цих моделей лежить представлення знань у вигляді тверджень і логічних операцій над ними. Твердження являє собою вислів про належність чи неналежність елемента до тієї чи іншої множини. Для визначення істинності чи хибності твердження існує скінченна процедура перевірки, що дає однозначну відповідь. У логічних моделях існують синтаксичні правила (визначають механізми побудови тверджень) і правила виводу (що дозволяють будувати нові твердження, складаючи існуючі).

Семантичні моделі. В основі даного методу лежать семантичні мережі. Вони складаються з множини об'єктів, що представляють факти, об'єкти, властивості, і зв'язків між ними (відношень рівності, належності, причинно-наслідкових зв'язків тощо). Таким чином семантична мережа є по своїй суті орієнтованим графом. В залежності від типів зв'язків моделі поділяються на класифікуючі, функціональні і сценарії. На основі цих зв'язків можливо представляти ієрархічні структури, обчислювальні механізми та інші складні залежності.

Продукційні моделі. Дана форма містить в собі елементи логічних та семантичних представлень. Накопичення знань у цих моделях відбувається за рахунок трансформації семантичної мережі в результаті застосування правил висновку – продукцій. В результаті цього змінюються фрагменти мережі і зникають непотрібні частини. Дана форма також відрізняється тим, що процедурні знання чітко відокремлені від декларативних і описуються іншим чином.

Фреймові моделі. Фрейм характерний тим, що має жорстку структуру елементів знань. Дане представлення подібне до класів об'єктно-орієнтованого підходу. Кожен фрейм являє собою іменованний контейнер із набором складових частин – теж іменованих елементів певного роду. Цими складовими може бути будь-що: число, текст, властивість, умова, процедура чи навіть інший фрейм. Зв'язки між фреймами описуються також спеціальним фреймом (рис.1).



Рис. 1. Типова структура фреймів

Таким чином кожній формальній моделі властивий свій спосіб опису знань, але водночас всі перелічені моделі володіють як мінімум трьома недоліками з приведенного списку: недостатній універсалізм, складність отримання нових знань, можливість отримання суперечливих знань, складність нарощування моделі, значна розмірність моделі, відсутність наочності в представленні знань.

Для розв'язування комплексних задач інтелектуального проектування ефективно використовувати всі наявні моделі знань [6]. Частина знань може мати вигляд теорій розрахунку, інша може являти собою судження з певними умовами, третя – описувати існуючі структури об'єктів та процесів, четверта – представляти схеми об'єднання оцінок якості по всіх критеріях в одну глобальну оцінку.

Суттю подання знань є їх вираження у вигляді інформаційних повідомлень – голосових фраз, письмових речень, визначень словника, об'єктів на карті, зображень, графіків, діаграм, файлів тощо.

Отож в цьому підрозділі було введено ключові поняття представлення знань, виділено відмінні ознаки знань та даних, розглянуто класифікацію знань за типом та змістом інформації і проаналізовано різні підходи до отримання знань. Були наведені різні методи, технології та підходи до отримання і подання знань. Також були описані основні моделі організації знань у єдину структуру.

Логічна форма представлення знань

Логічна модель призначена для вирішення простих однорідних задач. Вона базується на алгебрі висловлювань і предикатів, її системі аксіом і методах виводу. У кожній логіці наявний синтаксис, що визначає правила побудови граматично коректних висловлювань, і семантика – правила інтерпретації логічних висловлювань, визначення їх сенсу.

В основі логічного представлення знань лежить формальна теорія. Це представлення виразимо кортежем

$$S = \langle B, F, A, R \rangle, \quad (7)$$

де B – скінченна множина базових символів (змінних, слів словника тощо); F – множина формул (синтаксичні правила, з допомогою яких з елементів B формуються фрази); A – виділена множина істинних формул (аксіом); R – кінцева множина відношень між формулами. Для множини B має існувати чітка скінченна у часі процедура перевірки $\Pi(B)$, чи належить їй довільний елемент. Для множини A повинна існувати процедура $\Pi(A)$ для перевірки входження в неї довільної синтаксично правильної сукупності.

Логічну модель неможливо застосувати при наявності суперечностей в даних. Це пояснюється тим, що логічне трактування надто вузьке для реальних складних систем. Суперечності проте пояснюються спробами виявити додаткові знання, а тому є звичним явищем при отриманні знань у вигляді експериментальних даних чи досвіду.

У загальному випадку для того, щоб формальна модель могла бути використана для представлення даних, її треба подати у вигляді кортежу із восьми елементів:

$$S' = \langle B, F, A, R, Q(B), Q(F), Q(A), Q(R) \rangle, \quad (8)$$

де чотири додані елементи – це привила зміни перших чотирьох під час побудови і функціонування системи.

Логіка висловлювань

Логікою висловлювань (*propositional logic*) називають систему інтерактивної побудови та синтаксичного розбору логічних висловів.

У логіці висловлювань знання чітко відділені від міркувань, а побудова виводу здійснюється з допомогою силогізмів. Елементарною одиницею всіх логічних операцій є найменші неподільні конструкції – судження (твердження), для яких можливо встановити значення істинності [7] (правильність чи хибність). Існують два способи логічного подання знань – декларативне і процедурне.

Декларативними знаннями вважають сукупність тверджень, істинність яких не залежить від умов застосування (аксіоми, доведені теореми).

Під процедурними знаннями розуміють допустимі для предметної області логічні процедури перетворення і комбінування тверджень.

У логічному поданні знань широко використовується теорія множин. Вся інформація представляється у вигляді множини суджень, що мають вигляд формул і використовують для цього певний синтаксис. Знання є сукупністю таких формул, а отримання нових формул можливе завдяки процедурам логічного висновку. Для складання логічних формул використовуються логічні зв'язки різного пріоритету: рівність ($=$), заперечення (\neg), логічне АБО (\vee), логічне І (\wedge), умова ЯКЩО-ТО (\Rightarrow), дужки.

Речення, де підрядна частина може бути виведена з основної, називають тавтологією («оскільки X, то X»).

Суперечністю (*contradiction*) називають висловлювання, що складається із кількох частин, які не узгоджуються одна з одною.

Якщо висловлювання не є ні тавтологією, ні суперечністю, то його називають контингентним.

Кожна формула може бути задана як звичайним логічним висловлюванням, так і таблицею істинності (таблиця, у якій перелічені всі можливі комбінації значень аргументів і відповідні їм значення функції). Основними перевагами логіки висловлювань є наявність ефективної процедури доведення теорем, можливість реалізації системи формально точних визначень і виводів. Недоліком є її простота, що призводить до суттєвих витрат при побудові реальної моделі.

Модальна логіка

Модальна логіка (*modal logic*) – розширення логіки висловлювань, що вивчає модальні висловлювання та їх відношення в структурі міркувань [6].

Залежно від того, які види модальних висловлювань досліджуються, виділяють різні види модальних логік. Найбільш поширені часові («незабаром», «колись», «зараз», «завжди», «ніколи» тощо), просторові («тут», «там», «всюди», «ніде», «близько», «далеко» тощо, результуючі («як відомо», «доведено», «припустимо») та імовірнісні («необхідно», «можливо», «дійсно», «випадково»). Передбачена можливість побудови висловлювань про висловлювання. Істинність висловлювання виражається нестрого (True, False, Possibly).

Модальна логіка оперує з твердженнями, які неможливо виразити в немодальній мові.

Нечітка логіка

Нечітка логіка (*fuzzy logic*) розвинулась паралельно з строгим логічним напрямком. Її метою є вирішення складних задач, що важко піддаються формалізації. Основою даного способу подання знань є нечітка алгебра і теорія нечітких множин.

Нечіткі моделі використовуються для формалізації знань, що описують якісні характеристики об'єктів і можуть інтерпретуватися неоднозначно, але несуть із собою важливу для предметної області інформацію [9].

Одним з ключових понять нечіткої логіки є лінгвістична змінна – атрибут, що може набувати значення з скінченної множини словесних величин. При цьому вихідна (базова) змінна може набувати значень, наявних у базовій числовій шкалі.

Нехай універсальна множина U – діапазон, в якому може знаходитись базова величина. Нечітку множину $A \subset U$ можна описати функцією належності $\mu_A \rightarrow U$, що кожному числу $u \in U$ ставить у відповідність певне значення $\mu_A \in [0;1]$. Тоді нечітка множина представиться у вигляді:

$$A = \sum_{i=1}^n (u_i / \mu_i), \quad (9)$$

де μ_i – міра приналежності елемента u_i до множини A . Якщо μ_i – неперервна, то

$$A = \int_U \frac{u}{\mu_A(u)}. \quad (10)$$

Нечітку множину можна представити у вигляді сукупності пар $\langle x, \mu_A(x) \rangle$. Функція належності характеризує міру впевненості у тому, що дане значення входить у множину.

Теоретико-множинному трактуванню «нечіткості» відповідає аналогічне логічне трактування: замість нечіткої множини можна говорити про нечітке судження або про нечітке правило. Таким чином на основі моделі представлення нечітких знань базуються системи прийняття рішень в умовах невизначеності.

Логіка предикатів

Логіка висловлювань розглядає судження як єдине ціле, що має лише властивість істинності. При необхідності розробити логічну модель знань зручно використовувати логіку предикатів (*predicate logic*). Логіка предикатів більш підходить для відтворення логічних міркувань, оскільки дозволяє врахувати будову і зміст простих висловлювань.

Численням предикатів називають формальну мову подання логічних та інших видів відношень, результатом яких є булева величина.

Центральним твердженням у численні предикатів є те, що кожне просте висловлювання містить в собі інформацію про деякий об'єкт і його властивості. Числення предикатів має потужний і зрозумілий механізм рекурсивного висновку. Суттєвою якістю є також широкий набір виконуваних операцій, зокрема квантор існування (\exists) і квантор узагальнення (\forall), що дозволяють описувати загальні властивості множини об'єктів [6].

Класична база знань на основі предикатів складається з такої сукупності елементів:

$$K = \langle A, R, C, F \rangle, \quad (11)$$

де A – алфавіт (сукупність використовуваних символів); R – синтаксичні правила побудови формул з використання алфавіту; C – аксіоми (істинні вихідні формули); F – правила виводу з аксіом похідних формул чи теорем.

Логіка предикатів базується на наступній теорії. Нехай M – деяка множина об'єктів, і a, b, c, d – деякі елементи з цієї множини. Тоді висловлювання про ці об'єкти позначатимемо $P(a), Q(b), R(c, d)$ тощо. Висловлювання бувають істинними чи хибними.

Нехай x – випадковий елемент множини M . Тоді вираз $F(x)$ позначає висловлювання, що стає визначеним, коли x заміщається конкретним елементом з M . Іншими словами, F представляє собою булеву функцію на множині M . Невизначені функції називають логічними функціями – предикатами.

У предикатах змінні можуть бути як з одного алфавіту, так і з різних

$$M^n \rightarrow B, \quad (12)$$

$$M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n \rightarrow B, \quad (13)$$

де M, M_1, M_2, \dots, M_n – алфавіти елементів, B – булева множина [6].

Висновки

Визначено поняття та властивості знань, їх типи і характерні ознаки, функції бази знань у інформаційних системах агрегації даних та етапів роботи з ними. На основі цих понять сформовано основні вимоги до моделі представлення знань, перелік її обов'язкових складових елементів і примітивів, якими вона повинна оперувати.

Також розглянуто абстрактний механізм розв'язку задачі представлення знань, що повинен бути реалізований у системі роботи з базою знань для забезпечення можливостей її доповнення та отримання нових знань. Абстрактну задачу знаходження знань було зведено до системи нелінійних рівнянь. На основі отриманої системи повинен базуватись алгоритм роботи з моделлю знань. Реалізація алгоритму залежатиме від характеру предметної області і типу знань, що представляються. Таким чином розглянуто типові класи задач подання знань, що розв'язуються існуючими моделями, і визначено, яким вимогам та критеріям повинна задовольняти модель представлення знань, що розробляється, та які базові елементи вона повинна включати.

Дані результати будуть використані при побудові моделі представлення знань на основі обмежень та алгоритмів роботи з нею, а також при визначенні класу задач, на які буде орієнтована ця модель.

Література

1. Лингвистическая прагматика и проблемы общения с ЭВМ. М.: Наука, 1989 – 142с.
2. Алексеева. И.Ю. Человеческое знание и его компьютерный образ. М.: Наука, 1992.
3. Электронный ресурс . – Режим доступа: <http://www.readbookz.com/>.
4. Электронный ресурс . – Режим доступа: <http://khpi-iip.mipk.kharkiv.edu/>.
5. Электронный ресурс . – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/>.
6. Гуц А.К. Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие. – Омск: Наследие, 2003. – 108 с.
7. Левин Р., Дранг Д., Эделсон Б. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и ЭС с иллюстрациями на Бейсике. М.: Финансы и статистика, 1990. – 239 с.

References

1. Lnhvystycheskaia prahmatyka y problemy obshcheniya s ЭВМ. М.: Nauka, 1989 – 142s.
2. Alekseeva. Y.Iu. Chelovecheskoe znanye y eho kompiuternyi obraz. М.: Nauka, 1992.
3. Elektronnyi resurs . – Rezhym dostupu: <http://www.readbookz.com/>.
4. Elektronnyi resurs . – Rezhym dostupu: <http://khpi-iip.mipk.kharkiv.edu/>.
5. Elektronnyi resurs . – Rezhym dostupu: <http://www.intuit.ru/>.
6. Huts A.K. Matematycheskaia lohyka y teoryia alhorytmov: Uchebnoe posobyе. – Omsk: Nasledye, 2003. – 108 s.
7. Levyn R., Dranh D., Edelson B. Praktycheskoe vvedenye v tekhnolohiyu yskusstvennoho yntellekta y ES s ylliustratsyamy na Beisyke. М.: Fynansy y statystyka, 1990. – 239 s.

Рецензія/Peer review : 11.11.2021

Надрукована/Printed :30.12.2021

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе
Повні вимоги до оформлення рукопису
http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?page_id=37



Підп. до друку 30.12.2021. Ум. друк. арк. 37,31. Обл.-вид. арк. 35,50.
Формат 30×42/4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. № 219/21

Тиражування здійснено з оригінал-макета, виготовленого редакцією журналу
«Вісник Хмельницького національного університету»
редакційно-видавничим відділом Хмельницького національного університету.
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1, тел. (0382) 67-51-08; 77-33-63.
Свідоцтво про внесення в державний реєстр, серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.