

УДК 005.94 + 004.9

© В.В. Горборуков, О.Є. Стрижак, О.В. Франчук

ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

У статті розглядаються питання щодо використання комп'ютерних онтологій у системах підтримки прийняття рішень (СППР). Визначаються структурні компоненти онтологій, які найбільш ефективно застосовувати при формуванні операційного середовища СППР. Описуються множини ієрархій і критеріїв як певних властивостей концептів онтологій. На основі процедури вибору критеріїв задається множина альтернатив, при розгляді якої і виконується прийняття відповідних рішень.

Ключові слова: онтологія, властивість, альтернатива, ієрархія, таксономія, тавтологія, рішення.

Сучасні системи підтримки прийняття адміністративних та управлінських рішень (СППР) повинні включати до свого операційного середовища засоби, які забезпечують обробку певних суджень, висловлювань та тверджень стосовно розвитку процесів, що розглядаються на різних етапах прийняття рішень. Самі судження та твердження у собі несуть об'єктні представлення предметних областей, які описують конкретні процеси і можуть бути представлені певними інформаційними моделями [1–3]. Кожна така модель на практиці відображає деяку сукупність знань, яка описує властивості процесів, що розглядаються на етапах прийняття рішень. Тобто прийняття рішень за певними вимогами залежить від складності відображення і сприйняття властивостей та функціональності складових об'єктів та процесів. Відображення процесів у вигляді моделі деякого типу потребує забезпечення спільної обробки взаємопов'язаної різнопланової інформації, її інтеграції й взаємодії з іншими різними за призначенням системами [2]. І кожна така модель, і композиція моделей може бути представлена та визначена певною таксономією [3].

Тому найбільш адекватно представлення інформаційних моделей в середовищі СППР у вигляді певної множини онтологій [3, 5, 7, 8]. Кожна онтологія містить інформаційні описи, на основі об'єктно-орієнтованої процедури формалізації, а також описи інтерпретаційних функцій, які управляють на основі онтології процесом поставки інформаційного ресурсу на усіх етапах прийняття рішень.

В основі онтологічної методології лежить об'єктно-орієнтований підхід, при якому предметна прикладна область представляється у вигляді сукупності об'єктів, які взаємодіють між собою за допомогою семантичного пов'язування висловлювань, тверджень та суджень [4].

Під об'єктом розуміється деяка сутність (реальна або абстрактна), що володіє станом, поведінкою і індивідуальністю.

□ Стан об'єкта характеризується переліком всіх його можливих властивостей – структурою і значеннями кожної з цих властивостей.

□ Поведінка об'єкта (або його функціональність) характеризує те, як об'єкт взаємодіє з іншими об'єктами або піддається взаємодії інших об'єктів, проявляючи свою індивідуальність. Поведінка об'єкта реалізується у вигляді функцій, які називають методами. При цьому структура об'єкта доступна тільки через його методи, які в сукупності формують інтерфейс об'єкта.

□ Індивідуальність об'єкта характеризують такі властивості об'єкта, які відрізняють його від всіх інших об'єктів.

Для формування адекватного операційного середовища СППР особливий інтерес представляють два типи ієрархічних співвідношень об'єктів:

□ зв'язки – позначають рівноправні відношення між об'єктами; об'єкт співробітничав з іншими об'єктами через зв'язки, що з'єднують його з ними;

□ агрегація – агрегація описує відношення цілого і частини, що наводять до відповідної таксономії (ієрархії об'єктів).

Комп'ютерну онтологію певної предметної області (ПрО) будемо розглядати як певну непусту множину об'єктів, які задовольняють наступним вимогам:

1) об'єкти організовані у вигляді ієрархічної структури скінченної множини понять, що описують задану предметну область;

2) структура може бути представлена множиною дводольних графів, вершинами якого є поняття, а дугами – семантичні відношення між ними;

3) поняття і відношення інтерпретуються відповідно до загальнозначущих функцій інтерпретації, взятих з електронних джерел знань заданої ПрО;

4) визначення понять і відношень виконується на основі аксіом і обмежень їх області дії;

5) функції інтерпретації та аксіоми описані мовою формальної теорії.

В загальному випадку онтологію деякої ПрО формально представляють впорядкованою трійкою [6, 7, 10, 11] – $O = \langle X, R, F \rangle$, де X, R, F – кінцеві множини відповідно: X – концептів (понять, термінів) предметної області, R – відношень між ними, F – функцій інтерпретації X та/або R .

За процедурою побудови онтології на основі її певної функціональної повноти і ступеня формальності виділимо наступні види онтологій: первинна, кінцева і множина проміжних онтологій [8, 10, 11].

Процес формування операційного середовища СППР вимагає визначення тематичної онтології ($R \neq \emptyset$; $F \neq \emptyset$), множина концептів та концептуальних відношень у якої максимально повні, а до функцій інтерпретації додаються аксіоми, визначення та обмеження за тематикою СППР. Тематична онтологія є формальним представленням концептуальних знань про предметну область і може бути представлена певною інформаційною системою.

Процес побудови такої інформаційної системи можна представити композицією певних висловлювань, суджень, тверджень, термінів-понять і відношеннями між ними, а його результат – основою для побудови складової частини наукової теорії – онтологічної бази знань у заданій предметній області, описаній в декларативній формі [7–10].

При цьому опис всіх компонент представлений деякою формальною мовою, яка може інтерпретуватися деякою процедурою (алгоритмом). Схема формальної моделі тематичної онтології описується четвіркою:

$$O = \langle X, R, F, A(D, Rs) \rangle,$$

де X – множина концептів; $X = \{ X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n \}$, ($i = \overline{1, n}$, $n = \text{Card } X$), кінцева множина концептів (понять) заданої в операційному середовищі СППР;

$R = \{ R_1, R_2, \dots, R_k, \dots, R_r_m \}$, $R: X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$, $k = \overline{1, m}$, $m = \text{Card } R$, – кінцева множина семантично значущих властивостей (відносин) між концептами ПрО. Вони визначають тип взаємодії між поняттями. У загальному випадку, ставлення поділяють на загальнозначущі (з яких виділяють, як правило, ставлення часткового порядку) і конкретні відносини заданої ПрО;

$F: X \times R$ – кінцева множина функцій інтерпретації, заданих на концептах і/або відносинах. Окремим випадком завдання безлічі функцій інтерпретації F є глосарій, складений для безлічі понять X . Визначення поняття X_i в загальному випадку, включає підмножина понять $\{x_{i-1}\}$, через які визначаються X_i , ставлення, що зв'язує X_i з $\{x_{i-1}\}$, і множина атрибутів (ознак), присутніх $X_i | i = \overline{1, n}$.

A – скінченна множина аксіом, які використовуються для запису завжди істинних висловлювань (визначень і обмежень) – тавтологій в термінах тематики ПрО;

D – множина додаткових визначень концептів (понять) в термінах тематики ПрО;

Rs – множина обмежень, що визначають певні властивості концептів ПрО і можуть трактуватися як критерії, які визначають область дії понятійних структур (концепти, поняття, висловлювання, твердження) визначеної тематики – $Rs: Rs \subset R$.

Надалі при формуванні онтологій у операційному середовищі СППР будемо визначати множину обмежень Rs як таку, що дозволяє виділити з множини концептів X підмножину A , таку, що її можливо розбити на пересічні підмножини $A_i = \{a_{i1}, \dots, a_{in}\}$, які надалі ми будемо називати множиною альтернатив ($\prod_{i=1}^n A_i \neq \emptyset$, де \emptyset – пуста множина). Усі елементи a_{in} кожної множини A_i повинні мати властивість певної переваги, що дає на етапах вирішення задач СППР здійснити вибір необхідної тавтології. Тобто у задачах прийняття рішень множина обмежень дозволяє побудувати множину альтернативних концептів на основі визначення таксономічної структури онтології.

Одним з елементів задачі прийняття рішень є критерій, відповідно до якого особа, що приймає рішення (ОПР), вибирає ту або іншу альтернативу з множини можливих альтернатив. У онтологічному представленні критерії становлять певну підмножину множини властивостей R . Таксономічна структура онтології забезпечує виділення певної множини альтернатив, які визначають деякі задачі вибору [12, 14, 15]. Математично такі задачі описуються

набором альтернатив, для кожної з яких задаються значення певних показників (критеріїв). Розв'язком такої задачі вважається альтернатива, яка має найкращі (за сукупністю) значення критеріїв, які в загальному випадку відрізняються різною важливістю. Властивості об'єктів онтології можуть бути використані як критерії, відповідно до яких СППР може вибирати ту або іншу альтернативу з множини можливих альтернатив на усіх етапах вирішення задачі. Кожен з елементів онтології, яка використовується у задачі прийняття рішень, має певний набір критеріїв (властивостей) [10–17].

Зазвичай в процесі ухвалення рішення виділяють три етапи: пошук інформації і постановка задачі, побудова множини альтернатив, вибір найкращої альтернативи [13–15]. На першому етапі збирається вся доступна на момент ухвалення рішення інформація: фактичні дані, думки експертів, при необхідності проводяться соціологічні опитування, визначаються існуючі погляди на проблему, що впливають на її рішення, формуються критерії вибору рішення й т. д. Другий етап пов'язаний з визначенням таких варіантів рішення, які можуть бути реалізовані на практиці. І вже третій етап містить у собі процес порівняння альтернатив і визначення найкращого варіанта (або варіантів) рішення. Із трьох перерахованих етапів процесу ухвалення рішення найбільша увага традиційно приділяється останньому етапу, на якому і застосовується створена система.

Деяка множина критеріїв може представлятися у вигляді певної оцінної функції C , що приймає значення на деякій множині оцінок O , або у вигляді правила, по якому вибирається "найкраща" альтернатива. При цьому "найкраща" альтернатива відповідає максимальному або мінімальному значенню оцінної функції залежно від змісту критерію. Якщо $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ – множина альтернатив або рішень, то $C: A \rightarrow O$ [12, 15].

Для двох альтернатив a_i і a_k можна задати відношення строгої переваги, що позначається $a_i \succ_A a_k$ і означає, що із двох альтернатив a_i та a_k СППР віддає перевагу альтернативі a_i . Зазвичай якщо задано оцінну функцію C , то відношення переваги $a_i \succ_A a_k$ породжує відношення переваги $C(a_i) \succ_C C(a_k)$, де C – множина можливих значень критерію C . Далі будемо вважати, що для будь-якої множини O можна знайти відповідне число на множині дійсних чисел R . Тоді відношення переваг $C(a_i) \succ_C C(a_k)$ еквівалентно умові $C(a_i) \geq C(a_k)$. Необхідно враховувати, що для тих самих понять функція C може приймати різну множину значень.

У більшості практичних задач ухвалення рішення альтернативи оцінюються не за одним, а за декількома критеріями. Так, при економічній оцінці проекту критеріями служать економічна ефективність, вартість, реалізація. Досить складно назвати практичну область, прийняття рішень у рамках якої обмежувалося б тільки одним критерієм. Наявність декількох критеріїв робить задачу прийняття рішень багатокритеріальною. У багатокритеріальній задачі є множина з $m > 1$ критеріїв C_1, \dots, C_m , таких що $C_i: A \rightarrow O_i$. Тут O_i – множина значень функції C_i . Іноді зручно розглядати кілька критеріїв у вигляді одного векторного критерію або векторної оцінки $C(a) = (C_1(a), \dots, C_m(a))$ альтернативи $a \in A$.

Таким чином, задача багатокритеріального прийняття рішення визначається множиною можливих рішень A , векторним критерієм C та відношенням переваг на множині A . Ціль

рішення задачі – пошук «оптимальної» в деякому сенсі альтернативи $a^* \in A$ або групи альтернатив з урахуванням відношення переваг на основі векторного критерію C , який визначається в середовищі СППР.

Все це дозволяє зробити наступний висновок – включення онтологічних моделей до середовища СППР дозволяє досить ефективно застосовувати метод аналізу ієрархій як систематичну процедуру для ієрархічного представлення елементів, що визначають суть будь-якої проблеми [10, 11, 18, 19]. Онтологічне моделювання забезпечує декомпозицію судження-проблеми на усе більш прості складові частини – тавтології й подальшу обробку послідовності суджень особи, що ухвалює рішення на основі використання властивості певної переваги. У результаті може бути виражений відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії. Ці судження потім виражаються чисельно. Метод аналізу ієрархії включає процедури синтезу множинних суджень, одержання пріоритетності критеріїв і знаходження альтернативних розв'язків. Корисно відзначити, що отримані в такий спосіб значення є оцінками в шкалі відносин і відповідають так званим жорстким оцінкам.

Розв'язок проблеми є процес поетапного встановлення пріоритетів. На першому етапі виявляються найбільш важливі елементи проблеми, на другому – найкращий спосіб перевірки спостережень, випробування й оцінки елементів; наступним етапом може бути вироблення способу застосування рішення й оцінка його якості. Увесь процес знає перевірки й переосмислювання доти, доки не буде впевненості, що процес охопив усі важливі характеристики, необхідні для представлення й розв'язку проблеми. Процес може бути проведений над послідовністю ієрархій: у цьому випадку результати, отримані в одній з них, використовуються в якості вхідних даних при вивченні наступної. Запропонований метод систематизує процес розв'язку такого багатоступінчастого завдання.

Нарешті, якщо допустити, що інтуїція й суб'єктивні оцінки є основним вихідним матеріалом, на підставі якого індивідуум одержує ясне уявлення про свої творчі можливості, то судження про перевагу одного елемента над іншим і інтенсивність цих суджень можна використовувати для вираження внутрішніх почуттів і схильностей.

Такий підхід до розв'язку проблеми вибору виходить із природної здатності людей думати логічно й творчо, визначати події й встановлювати стосунки між ними. Відзначимо, що людині властиві дві характерні ознаки аналітичного мислення: перша – уміння спостерігати й аналізувати спостереження; інша – здатність встановлювати стосунки між спостереженнями, оцінюючи рівень взаємозв'язків між відносинами, а потім синтезувати ці відносини в загальне сприйняття спостережуваного. Перераховане вище дає представлення про принцип ідентичності й декомпозиції, принципи дискримінації, порівняльного судження й синтезу. Застосування онтологічних описів у цьому технологічному ланцюгу забезпечує динамічне формування відповідних множин критеріїв для СППР на основі використання властивостей концептів предметних областей, за якими здійснюється прийняття відповідних рішень. Коректність та адекватність самого рішення повністю залежить від коректності й адекватності онтологічної моделі кожної предметної області.

Список використаної літератури

1. Конноли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2-у изд.: Пер. с англ. / Конноли Т., Бегг К., Страчан А. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 1120 с.
2. Белоногов Г.Г., Кузнецов Б.А. Языковые средства автоматизированных информационных систем. М.: Наука, 1983.
3. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
4. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
5. Князева Е.Н. Трансдисциплинарные стратегии исследований // Вестник ТГПУ. 2011. №10.
6. Палагин А.В. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области / А.В. Палагин, Н.Г. Петренко. – Математические машины и системы, 2007. – № 3, 4. – С. 63–75.
7. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5. – P. 199–220.
8. Guarino N., The Ontological Level. In: Casati R., Smith N. and White G. (eds.), Philosophy and the Cognitive Sciences, Vienna: Holder-Pichler-Tempsky, 1994.
9. Hermann Helbig: Knowledge Representation and the Semantics of Natural Language, Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2006.
10. Гладун В. П. Процессы формирования новых знаний [Текст] / Гладун В. П. – София : СД «Педагог 6», 1994. – 192 с.
11. Стрижак О.Є. Засоби онтологічної інтеграції і супроводу розподілених просторових та семантичних інформаційних ресурсів // Екологічна безпека та природокористування: Збірник наукових праць. / М-во освіти і науки України, Київ, Нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол.: О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2013. – Вип. 12. – С. 166–178.
12. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979.
13. Т. Саати, К. Керис "Аналитическое планирование. Организация систем".– М.: "Радио и Связь", 1991.
14. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1985.
15. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. – М.: Знание, 1979.
16. Ларичев О.И., Петровский А.В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – Т. 21. М.: ВИНТИ, 1987, С. 131–164.
17. Подиновский В.В. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями. – Автоматика и телемеханика, 1976, № 11.
18. Саати Т. Принятие решений. Метод анализ иерархий: Пер. с англ. / Т, Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

19. Гафт М.Г., Подиновский В.В. О построении решающих правил в задачах принятия решений. – Автоматика и телемеханика, № 6, 1981.

Стаття надійшла до редакції 07.02.13 українською мовою

© В.В. Горборуков, А.Е. Стрижак, О.В. Франчук
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ
В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В статье рассматриваются вопросы использования компьютерных онтологий в системах поддержки принятия решений (СППР). Определяются структурные компоненты онтологий, которые наиболее эффективно применять при формировании операционной среды СППР. Описываются множества иерархий и критериев как определенных свойств концептов онтологии. На основе процедуры выбора критериев задается множество альтернатив при рассмотрении которой и выполняется принятие соответствующих решений.

© V.V. Horborukov, O.Ye. Stryzhak, O.V. Franchuk
IN THE USE OF ONTOLOGIES SYSTEMS DECISION SUPPORT

The article deals with the use of ontologies in computer decision support systems (DSS). Identify the structural components of ontologies, which are most effectively used when forming the operating environment DSS. We describe a set of hierarchies and criteria as specific properties of ontology concepts. Based on the criteria set by the procedure set in an alternative consideration of which is performed decision-making.