

УДК 681.3

¹Надточій В.І., к.т.н.,
²Чаплінський Ю.П., к.т.н.**БАЗОВА ОНТОЛОГІЯ В ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ**¹Національний авіаційний університет
²Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН Україниsss@nau.edu.ua
cyuriy@skif.com.ua

Показана актуальність використання базової онтології для представлення понять та термінів в якості інтегрованої концептуальної основи опису процесу прийняття рішень. Представлена структура базової онтології. Визначено опис понять та відношень базової онтології

Ключові слова: базова онтологія, концепція, прийняття рішень, поняття, відношення

Вступ

Бурхливий розвиток інформаційних технологій істотно змінив сам процес прийняття рішень. При цьому комплексна та системна підтримка прийняття рішень сьогодні є домінуючою в динамічному діловому середовищі. Підтримка реалізації прийняття сучасних рішень та діяльність як окремих людей, так і систем зараз все більшою мірою залежить від використання ними знань як одного з найцінніших ресурсів. Прийняття рішень базується не тільки на знаннях окремої предметної області (ПрО), а також на деякій сукупності предметних областей, яка визначає певну проблемну область.

Для використання знань та реалізації процесу прийняття рішень, представлення інтегрованого середовища прийняття рішень, взаємодії між складовими частинами середовища, опису предметних областей та розв'язання задач в такому середовищі будемо використовувати методологію розробки системи підтримки прийняття рішень (СППР), основою якої є онтологія, як засіб явного розуміння та представлення областей та процесів прийняття рішень, що інтегрує методи системного, процесного та ситуаційного аналізу.

Під онтологією будемо розуміти систему, що описує структуру певної проблемної області або множини проблемних

областей та складається з множини класів понять, зв'язаних відношеннями, їх визначень та аксіом, що задають обмеження на інтерпретацію цих понять в рамках даної проблемної області або їх множини [1, 2, 3]. Мета такої онтології полягає в тому, щоб забезпечити інтегровану концептуальну основу для того, щоб визначити, зрозуміти, структурувати та представляти явища при прийнятті рішень за допомоги СППР.

Постановка задачі

В роботі під онтологією для підтримки розв'язання задач прийняття рішень та процесу прийняття рішень будемо розуміти взаємопов'язану множину онтологій, що представляє собою багаторівневу асоціативну структуру [4], яка включає мета-онтологію; базову онтологію; контекстну онтологію; множину онтологій представлення процесу прийняття рішень, що включає представлення задач та їх розв'язання на рівні проблемної області, онтологію предметно-формального та формального представлення та реалізацій цього процесу; онтологію реалізацій, що включає опис програмного забезпечення для підтримки прийняття рішень; онтологію представлення користувача та взаємодії з ним; модель машини виведення, що асоціюється з множиною визначених онтологій.

В рамках такого розгляду необхідно визначити поняття та конструкції, за якими мо-

жуть бути визначені природа, структура та представлення процесу формування та прийняття рішень. З іншої сторони, щоб спроектувати методологію підтримки прийняття рішень, ми потребуємо понять та конструкцій, з якими можуть бути зрозумілі природа, структура та представлення складових, що описують прийняття рішень. Це визначає необхідність розгляду понять і термінів та опису зв'язків між ними та відповідними складовими онтологій.

Метою статті є опис можливого використання базової онтології як основи для структурованого представлення складових прийняття рішень і їх взаємодії та реалізації ефективного процесу прийняття рішень.

Як показано в [4], мета базової онтології полягає в тому, щоб забезпечити ключові поняття та конструкції для того, щоб визначити, зрозуміти, структурувати та представити основні принципи області прийняття рішень, в рамках якої функціонує СППР. Це включає множину онтологій в кожній з яких є своя власна мета та роль в базовій онтології $O_{core} = (O_{common}, O_{lang}, \{O_{PrbO}\})$: загальна онтологія O_{common} , онтологія мов представлення O_{lang} , проблемна онтологія (Uod (Universe of discourse) онтологія) $\{O_{PrbO}\}$.

Така онтологія забезпечує загальну термінологію для прийняття рішень, для спільного використання та розуміння всіма користувачами, дає точне та несуперечливе визначення значення кожного терміну, забезпечує визначення семантики за допомогою множини аксіом, які автоматично дозволяють отримувати відповідь на множині питань про предметну область.

Концептуальний рівень представлення містить концептуальне уявлення пов'язаних проблем різних предметних областей разом з явним декларативним описом відносин між їх компонентами. Даний рівень містить формальні описи понять, відносин між поняттями та додаткові вимоги. В процесі реалізації концеп-

туального рівня виявляються, аналізуються та описуються релевантні його цілям поняття предметної області, зв'язки між ними, обмеження, яким вони повинні задовольняти. Ці описи є незалежними від системи інтеграції і орієнтовані на опис семантики проблеми (проблем).

Загальна онтологія O_{common} визначає поняття, як загальні, так і специфічні, що відносяться до певної предметної області. Ця онтологія використовується для того, щоб конкретизувати поняття та визначити їх семантичні значення.

Будемо розглядати загальну онтологію як засіб докладного подання та опису множини понять предметної області (термінів), знань про них (властивості) та зв'язків (відношень) між ними. Таким чином може бути сформовано узгоджене формалізоване представлення ПрО.

Основою для представлення загальної онтології є поняття та терміни і зв'язки між ними.

Під поняттям будемо розуміти форму мислення, що відображає істотні властивості, зв'язки та відношення предметів і явищ в їх протиріччі і розвитку та дозволяє узагальнювати і виділяти предмети деякого класу за певними загальними та в сукупності специфічними для них ознаками. Поняттям може бути будь-яка сутність, про яку може бути дана будь-яка інформація. Ми визначаємо сутність як будь-яке явище в фізичній або суб'єктивній дійсності. Відношення представляють тип взаємодії між поняттями.

Зміст поняття c^i $In(c^i)$ може бути визначено як: $In(c^i) = \langle p_1^i, \dots, p_n^i \rangle$, де p_k^i - предикат, створений з характеристик поняття c^i . Екстенціонал c^i – це подання поняття c^i як множини зв'язаних понять або фактів (даних, сукупностей ознак, тверджень, виразів), які характеризують поняття c^i в контексті можливих ситуацій у вигляді інших понять та відношень між ними.

Екстенціонал поняття – множина всіх (посилальних) сутностей, до яких

зміст поняття застосовується. Сукупність понять – множина існуючих (посилальних) сутностей, до яких застосовується зміст поняття. Формальне визначення для розширення поняття c^i : $Ext(c^i) = \{r_1^i, \dots, r_m^i, \dots\}$, де r_j^i означає об'єкт

посилання, до якого застосовується поняття c^i .

В загальному вигляді можна визначити структуру розгляду понять через змістовний трикутник: поняття, ознака та об'єкт посилання (рис. 1).

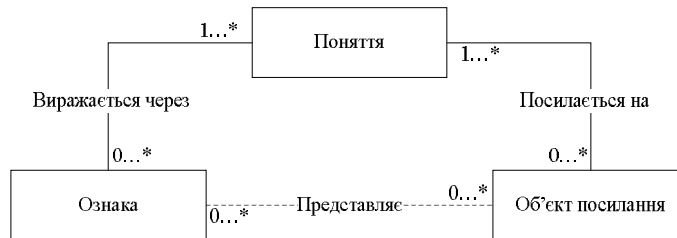


Рис. 1. Змістовний трикутник розгляду понять

Може існувати поняття, для якого один кут змістовного трикутника може бути відсутнім: людина може мати поняття, що відноситься до певної сутності, для якої він не знає ніякого представлення, або він може мати представлення для поняття, що не має реальної деталізації. Поняття, які стосуються багатьох сутностей, є загальними поняттями. Загальне поняття називається типом. Елементи деталізації типу називаються екземплярами.

Під терміном будемо розуміти слово або словосполучення, що реалізують спосіб або форму представлення та покликані точно визначити поняття та його співвідношення з іншими поняттями в межах певної сфери використання. Терміни служать спеціалізованими, обмежувальними позначеннями характерних для певної сфери предметів, явищ, їх властивостей та відношень. Вони існують в рамках певної термінології, тобто входять в конкретну лексичну систему мови та представляються лише через посередництво конкретної термінологічної системи. За ступенем універсальності використання розділяють терміни на загальноприйняті (що вживаються в предметних областях нарівні з усіма іншими предметними терміносистемами), базові (що обслуговують сферу предметної області) та специфічні (необхідні для спеціальної терміносфери предметної області).

З термінами будемо розглядати сукупність термінологічних полів, які об'єд-

нані навколо термінів, що позначають основні поняття даної галузі знань. Термінологічне поле визначає контекст використання терміну. У своєму термінологічному полі термін набуває точність і однозначність, а за його межами втрачає свої термінологічні ознаки. Свою однозначність термін отримує не завдяки контексту, а завдяки приналежності до даної термінології. Саме тому терміни – контекстуально незалежні. Поле – це певна термінологія, у межах якої термін є точний і однозначний. Поза межами певного термінологічного поля він втрачає свою характеристику, набуває інших системних зв'язків.

Загальна онтологія представляється в вигляді:

$$O_{common} = \langle C, Rel, A \rangle,$$

де $C = \{c_i \mid i = 1, \dots, N^C\}$ – множина понять, що визначають всі складові прийняття рішень, N^C – кількість понять, $Rel \subseteq C \times C, Rel = \bigcup_i Rel_i, i \in I^{rel}$ – множина відношень між поняттями, A – кінцева множина функцій інтерпретації або аксіом, що задані на відповідних поняттях та відношеннях.

Структуру поняття можна представити у вигляді:

$$c_i = \langle N_i, D_i, T_i, P_i, R_i \rangle, \quad i = 1, \dots, N^C.$$

$N_i = \langle Name_i, L_k, Id_i \rangle$ – денотат поняття, де $Name_i$ – унікальна назва понят-

тя; L_k - мова поняття; Id_i - ідентифікатор поняття.

A – термінологічне поле предметної області D^A

Для одного поняття може бути кілька визначень. Очевидно, що із загального набору тверджень для визначень відбирається тільки частина.

$D_i = \{D_{ij} \mid j=0, \dots, N_i^D\}$ – множина визначень поняття. N_i^D - кількість визначень.

$D_i^0 = \{\langle d_{ij}^0, w_{ij0}^D \rangle \mid j=1, \dots, N_{i0}^D\}$ – множина загально прийнятих визначень. N_{i0}^D – кількість визначень.

w_{ij0}^D – вага визначення.

$(w_{ij0}^D \in [0, 1], \sum_{j=1}^{N_{i0}^D} w_{ij0}^D = 1)$.

$D_{ij} = \{\langle d_{ij}, po_j \rangle \mid j=1, \dots, N^{PO}\}$ – множина базових визначень в предметних областях D^A .

$D_{ij} = \{\langle d_{ij}, po_j \rangle \mid j=1, \dots, N^{PO}\}$ – множина специфічних визначень в предметних областях D^A .

$d_{ij} = \{\langle d_{ij}^k, w_{ijk}^D \rangle \mid k=1, \dots, N_{ij}^D\}$ – множина визначень в j -ій предметній області. N_{ij}^D – кількість визначень в j -ій предметній області. w_{ijk}^D - вага визначення

$(w_{ijk}^D \in [0, 1], \sum_{k=1}^{N_{ij}^D} w_{ijk}^D = 1)$.

$T^c = \langle T_E^c, T_U^c \rangle$ – множина типів поняття. $T_E^c = \langle T_{Eg}^c, T_{Eb}^c, T_{Es}^c \rangle$ – множина типів поняття, що визначають вживання понять. T_{Eg}^c – множина загальноприйнятих понять. T_{Eb}^c – множина базових понять предметної області, які мають певні визначення та не мають визначення в їх частинах. T_{Es}^c – множина спеціальних понять предметної області, які мають певні визначення в відповідних предметних областях чи їх частинах.

$T_U^c = \langle T_{Ut}^c, T_{Up}^c, T_{Ua}^c, T_{Ud}^c \rangle$ – множина типів поняття, що поділяються на чотири типи: сутність T_{Ut}^c : матеріальні та нематеріальні об'єкти, способи їх розгляду; властивості T_{Up}^c : кількісні, якісні, реляційні (відношення); дії T_{Ua}^c : операції, процеси, стани; виміри T_{Ud}^c : час, положення, простір.

$P_i = \langle P_i^{Qty}, P_i^{Qnty} \rangle$ – пара множин властивостей поняття, де P_i^{Qty} – множина якісних властивостей; P_i^{Qnty} – множина кількісних властивостей.

Елемент типу властивість представимо в вигляді трійки:

$$P = \langle N_p, Val, PO_i \rangle, \quad (4)$$

де N_p – символічне ім'я властивості P , що відповідає найменуванню відповідного поняття атрибуту; Val – множина значень властивості, яка характеризує цю властивість; PO_i – множина предметних областей, що використовують відповідну властивість.

Для кожного класу $C_i \in C$ виділяється підмножина ключових атрибутів $A_i \in A$, що служать для однозначної ідентифікації його об'єктів (екземплярів класу C_i); конкретні значення атрибуту a_i повинні або належати одному з областей d_i ($d_i \in D$), або мати тип t_j ($t_j \in T$).

F – множина обмежень на значення атрибутів понять та відношень, тобто предикатів виду $p_l(e_{l1}, e_{l2})$, e_{l1} - ім'я атрибуту ($e_{lk} \in A$), а e_{l2} - або ім'я атрибуту ($e_{l2} \in A$) або константа ($e_{l2} \in td_j$), де $td_j \in TD$.

$R_i = \{r_{ji} \mid j=1, \dots, N_i^R\}$ – кінцева множина відношень між даним поняттям та іншими поняттями, що задані на поняттях, $R_i \subseteq Rel$. N_i^R – кількість зв'язків.

Поняття можуть представлятися різними мовами, що визначає необхідність розгляду понять на різних мовах.

$L = \{L_k \mid k = 1, \dots, K\}$ – множина мов, на яких визначена онтологія. Кожній мові L_k може бути поставлена в відповідність онтологія, що задає алфавіт, словник та правила мови. Ідентифікатор мови L_k виступає як додаткова координата для ряду атрибутів об'єктів та зв'язків.

Онтологія мов представлення O_{lang} забезпечує поняття для того, щоб вони визначили синтаксис та семантику мов, що використовуються для підтримки процесу прийняття рішень.

Зв'язки між термінами та поняттями будемо представляти через відповідні відношення. Відношення будемо поділяти на структурні (ієрархічні) та семантичні (асоціативні). До структурних відношень будемо відносити відношення: класифікація, конкретизація, узагальнення, спеціалізація, відношення *aKindOf*, агрегація, декомпозиція, групування, індивідуалізація, відношення омонімії. Асоціативні відношення дозволяють зрозуміти в якому зв'язку перебувають поняття, які описують один клас онтології, з поняттями іншого класу в рамках предметних областей, задач, моделей, методів і т.д.

Класифікація є відношенням за допомогою якого поняття c^{ty} , що називають типом, будується з інших понять c_i^{in} , що називають екземплярами. Класифікація виконує дві основні функції: когнітивну (прикладні індексації для полегшення зберігання і пошуку) і виведення (міркування про випадки з урахуванням типів, до яких вони призначені). На основі вищеприписаного визначення, можемо визначити відношення *instanceOf* як відношення між екземпляром c_i^{in} та типом c^{ty} наступним чином: *instanceOf* (c_i^{in} , c^{ty})

Відношення *instanceOf* визначається інтенціонально. Визначення його екстенціонально потребують перерахування всіх екземплярів, які розглянуті для застосування інтенціоналу типу. Відношення *instanceOf* є нерелексивним, нетранзитивним та несиметричним.

Інверсне відношення до класифікації є конкретизація. Це відношення використовується для отримання екземплярів, які відповідають обмеженням, що пов'язані з предикатами, які визначені даним типом.

Узагальнення є відношенням за допомогою якого відмінності між деякими типами, що називаються підтипами c_i^{sb} , не беруться до уваги та генерується на основі спільних характеристик підтипів c_i^{sb} новий тип, що називається супертипом c^{sp} . Відношення між підтипом c_i^{sb} та відповідним надтипом c^{sp} називають *isA* відношення, що формально можна представити як *isA* (c_i^{sb} , c^{sp}). Альтернативні назви: є, являється, належить, іменується, називається, відноситься до.

Інверсне відношення до узагальнення є спеціалізація, що використовується для визначення підтипів c_i^{sb} з надтипу c^{sp} , що формально можна представити як *specify* (c_i^{sb} , c^{sp}). Абстрактні та конкретні поняття, а також індивідуальні поняття і загальні поняття впливають з концепції поняття за спеціалізацією, що будуються на змісті поняття та деталізації поняття. На основі виду відношень *isA* між надтипом та підтипом можна визначити однотипні спеціалізації, ієрархічні спеціалізації та спеціалізації типу решітки. У першому випадку, кожному надтипу відповідає тільки один підтип. У другому випадку, для кожного надтипу існує кілька підтипів.

Відношення *aKindOf* (це відношення ще записується як АКО) не може служити для позначення відношень конкретних об'єктів; для цього призначене відношення *isA*. Відношення АКО визначає відношення між окремими поняттями та батьківським поняттям (або поняттями), стосовно якого цей окремий клас є залежним. Вказані відношення можна трактувати і так, що відношення АКО визначає відношення між одними родовими вузлами і іншими родовими вузлами, а відношення *isA* визначає відношення між окремим

поняттям та батьківським поняттям. Це відношення визначає, що кожен елемент першої множини входить до другої множини (виконується *isA* для кожного елемента), а також логічний зв'язок між самими підмножинами та властивості першої множини успадковуються другою. Альтернативні назви – є підмножиною.

Агрегація (композиція) є відношення за допомогою якого тип, що називається цілий тип c^W , будується з інших типів, що називаються типами частин c^P . Агрегація може бути використана для представлення частини екземплярів в цілому екземплярі. Крім того в рамках абстрактних предикатів, зміст поняття цілого містить предикати, які характеризують поняття загалом. Відношення між частиною (типом) c_n^P та цілим (типом) c^W визначаються як відношення *partOf*, що визначається наступним чином *ispartOf* (c_n^P, c^W). Альтернативні назви – є частиною, є характеристикою, є властивістю, входить до, володіє.

Інверсним відношенням є декомпозиція. Мета декомпозиції – знаходження рівня елементарних понять, де неможлива подальша декомпозиція. Таким відношенням є *hasPart*, яке описує частини/цілі об'єкти (відношення меронімії). Мерон – це об'єкт, який є частиною іншого. Альтернативні назви – складається з, має частиною, характеризується, має властивість.

Групування є відношення за допомогою якого поняття, що називається груповим типом c^g , будується з інших понять, які називаються типами представників c_i^m . Групування також може бути використано для абстрактної групи екземплярів з екземплярів представників. За групуванням, група (тип) як об'єднання розглядається для того, щоб отримати головну суть групи (типу) з врахуванням всіх представників (типів представників) та їх особливостей. Суттєвим значенням для групування є те, що представники групи мають бути одного типу, і немає ніякої внутрішньої структури між членами в межах групи. Відношення між пред-

ставником (типу) і групи (типу) називається відношенням *memberOf*, що визначається наступним чином *memberOf* (c_i^m, c^g). Відношення іррефлексивне, антисиметричне та інтранзитивне.

Інверсним відношенням до групування є індивідуалізація, за допомогою якого представник (тип) відрізняється від групи (типу) для більш детального розгляду.

Відношення еквівалентності або синонімії визначає поняття, які мають різний денотат поняття і однакове визначення та однакові властивості. При цьому розрізняють два основних види синонімів: повні синоніми, квазісиноніми. Повні синоніми відповідають повному збігу опису термінів; при частковому збігу вони називаються квазісинонімами. Ці відношення мають вигляд *isSynonym* (c_i^m, c_j^m).

Інверсним відношенням є відношення омонімії. Омонімія визначає поняття, тобто слова, що пишуться та звучать однаково, однак мають абсолютно різне значення. Ці відношення мають вигляд *isHomonym* (c_i^m, c_j^m).

Інверсним відношенням є відношення *disjointWith* (c_i^m, c_j^m). Відношення "disjointWith" використовується для визначення, що два елементи (класи) є абсолютно різними. До такого типу відношень будемо відносити антоніми.

Проблемна онтологія $\{O_{PrbO}\}$ реалізує інтеграцію визначених понять та термінів для розв'язання певних задач в відповідних предметних областях. Будемо розглядати проблемну область прийняття рішень як множину предметних областей та задач, що розв'язуються в них. Проблемна онтологія $\{O_{PrbO}\}$ складається з консолідованого представлення певних проблемних областей, через які прийняття рішень може бути представлене та визначене на основі вибраної точки зору (стан проблеми або проблемної області, поведінка проблеми (extensional transitions) або проблемної області

(intensional transitions) та розв'язання проблеми).

Поняття проблемної онтології пов'язані між собою асоціативними відношеннями, визначення яких здійснюється через представлення проблемної та предметних областей, при цьому частина понять успадковується з загальної онтології, а частина відображає специфіку відповідних областей. Наприклад, відношення взаємодії реалізуються через заміщення, коли процеси аналогічні за дією; заборони, коли виконання процесу забороняє виконання іншого процесу, адитивності, коли процеси можуть бути виконані одночасно.

Поняття та терміни, що мають відношення до проблемної області, включають наступні поняття: проблема, модель (формулювання проблеми), методологія (сценарій, метод, алгоритм), система характеристик, що їх описують. Інші поняття визначають ті поняття, що пов'язані з системою характеристик (структура, обмеження, середовище, контекст, рівень узагальнення тощо), проблемою (предмет проблеми, проблема верхнього рівня, проблема нижнього рівня, методи (сценарії) рішення, складність проблеми, атомна проблема, складена проблема, опис проблеми, проблемна тема, контекст проблеми, власність проблеми, відповідальність за проблему, оцінка проблеми, проблемна область, вплив на проблеми, вплив з проблем, ініціювання, час, взаємодія з моделлю (мета, обмеження, контекст, проблемна область, проблема, методологія, об'єкти, вхідні параметри, вихідні параметри, інші параметри, умови, тригери (яка умова запускає), передумови (що на початку), післяумови (що в кінці) та пов'язані знанням проблемної області (область знання, функціональні знання, структурне знання, знання обробки тощо).

Таким чином, можна досягнути реалізації онтологічного представлення термінів та понять, що дає можливість опису предметних областей та відповідних проблемно-орієнтованих частин, які можна

використати для розв'язання різноманітних задач прийняття рішень.

Висновки

Запропоноване представлення базової онтології покладене в основу інформаційної системи, що реалізована як складова частина Вірмено – Американського проекту з технічної допомоги в галузі безпеки продуктів харчування.

Список літератури

1. *Guriano N.* Understanding, Building, and Using Ontologies / A Commentary to "Using Explicit Ontologies in KBS Development" // *International Journal of Human and Computer Studies.* – 1997. – V. 46. – № 2/3. – P. 293-310.
2. *T. R. Gruber.* A translation approach to portable ontologies // *Knowledge Acquisition.* - 1993. – Vol 5, № 2 – P.220.
3. Чаплінський Ю.П. Онтологічне представлення процесів прийняття рішень // *Проблеми інформатизації та управління.* – 2009. – № 2 (26). – с. 146-151.
4. Чаплінський Ю.П. Онтологічні складові підтримки прийняття управлінських рішень. // *Наукові праці НУХТ.* – 2013 – № 48. – с. 65-68.

Статтю подано до редакції 15.05.2016