

## ОНТОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАТУРАЛЬНИХ СИСТЕМ

*У статті розглядаються питання щодо використання конструктивних властивостей теорії натуральних систем при проектуванні та побудові комп'ютерних онтологій у певних системах вирішення задач. Визначаються структурні компоненти онтологій, які найбільш повно можуть бути представлені у вигляді натуральних систем. Описуються механізми формування множини таксономій та ієрархій на основі певних властивостей концептів онтологій.*

**Ключові слова:** онтологія, властивість, ієрархія, таксономія, тавтологія, задача.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується інтенсивною інформатизацією всіх сфер його життєдіяльності. Це визначає необхідність широкого використання інформаційних технологій за всіма напрямками розвитку суспільства і особливо в області державного управління. Використання інформаційних технологій (ІТ) надає принципово нові можливості для підвищення ефективності роботи органів державного управління всіх рівнів [1].

Діяльність органів державного управління може бути представлена у вигляді системи {дія → результати}. Вказаний тип системи може бути визначено як **натуральний** –  $S_N$  [2]. Згідно з теорією натуральних систем, яку викладено у роботах А.В. Малишевського [2–6], натуральна система може бути представлена за умови існування не пустої множини можливих наборів дій –  $F$ . Множину  $F$  далі будемо розглядати у якості кінцевої множини функцій інтерпретації, яка задана на певній предметній області (ПрО). Предметну область безпосередньо складають певні концепти та їх властивості.

Концепти складають множину  $X = \{ X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n \}$ , а множина властивостей  $R$  утворюється множиною декартових добутків множини  $X$  самої на себе –  $R = \prod_i^n X_i$ . Тоді множина  $F$  може бути утворена декартовим добутком множин  $X$  і  $R$  –  $F = X \times R$  [7].

Тоді завжди можливо знайти певний набір дій  $F_k \subset F$ , таких, що завжди існує хоча б одне непусте  $f^i \in F_k$ , таке, що існує також набір концептів  $X_j$ , для яких  $f^i(x_1, \dots, x_n) \in F_k$ . Тобто для елементів множини концептів  $X$  завжди знайдеться відповідний непустий набір дій із множини  $F$ . Згідно з [2] такі множини можуть бути або замкнуті, або відкриті. Надалі ми будемо розглядати відкриті множини дій, тому що для кожної множини властивостей  $R$  у натуральній системі можливе визначення новітнього концепту  $x_{n+1}$  для множини  $X$ , такого, що існує додаткова властивість  $r'$ , яка забезпечує виконання правила  $f^i(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}) \in F_k$ . Такий набір дій ми будемо згідно з роботою [2] визначати як **узгоджений**.

Також можливо зазначити, що усі непусті декартові добутки множин  $X$  і  $R$  утворюють певну підмножину тавтологій  $F_t \subset F$ . Із цього слідує, що на множині дій  $F$  можливо задати певну множину висловлювань, яка також утворює натуральну систему. Таким чином, стає очевидним, що будь-яка онтологія, що утворює натуральну систему, може бути утворена на основі певної системи висловлювань.

Конструктивним у визначенні натуральної системи є той факт, що усі наведені множини утворюють певну онтологію –  $O = \langle X, R, F \rangle$ , яка фактично задає первинні умови –  $\bar{R} \subset R | R = X \times X$ , існування систем такого типу. Тобто завжди можливо визначити умови  $\bar{R}$ , коли будь-яка онтологія буде складати натуральну систему. Назвемо таку властивість онтологій **пластичним перетворенням**. Властивість пластичності дозволяє стверджувати наступне – для довільної натуральної системи завжди існує непуста множина тавтологій, яка може бути поширена новітньою тавтологією. Таким чином, можливо при використанні певних онтологій виконувати підстановку множин висловлювань, які задаються на множині концептів онтології і які є тавтологіями. Це твердження можна перефразувати наступним чином – якщо певна онтологія є натуральною системою, то завжди є певна непуста множина висловлювань, яка утворюється концептами цієї онтології, при умові, що ці концепти пов'язані між собою бінарними відношеннями виду:

$$r^m(x_i^j, x_i^k | x_i^j \in X_i; x_i^k \in X_i; r^m \in R \neq \emptyset).$$

Як можна побачити, ми побудували певну нормальну систему у вигляді онтології деякої предметної області (ПрО). Слід відзначити, що комп'ютерна онтологія предметної області, як визначається у роботах [4,6-11], – це:

- ієрархічна структура скінченної множини понять, що описують задану предметну область;
- структуру онтології можливо представити у вигляді орієнтовного дводольного графу (онтографу), вершинами якого є концепти онтології (поняття ПрО), а дугами – бінарні властивості концептів (семантичні відношення між поняттями ПрО);
- поняття і відношення інтерпретуються відповідно до загальнозначущих функцій інтерпретації, взятих з електронних джерел знань заданої ПрО;
- визначення концептів і їх властивостей (понять і відношень) виконується на основі тавтологій (аксіом) і умов-обмежень їх області дії (правил користування/застосування концептів на основі їх властивостей);
- завжди існує формальна система, за правилами нотації якої можливо описати правила формування онтографу;
- функції інтерпретації та аксіоми можуть бути описані за правилами нотації формальної теорії.

Виділимо умовно наступних 5 типів онтологій [11]:

$X = \emptyset, R = \emptyset, F = \emptyset$  – неструктурований текст;

$X \neq \emptyset, R = \emptyset, F \neq \emptyset$  – глосарій;

$X \neq \emptyset, R \neq \emptyset, F = \emptyset$  – таксономія;

$X \neq \emptyset, R = \emptyset, F = \emptyset$  – проста онтологія;

$X \neq \emptyset, R \neq \emptyset, F \neq \emptyset$  – активна онтологія.

Якщо до них застосувати наведене вище визначення натуральної системи, то можливо зробити наступний висновок – тільки активна онтологія є натуральною системою. Інтуїтивно це стає очевидним за рахунок того, що натуральна система повинна включати в себе непусті множини концептів, властивостей та дій (функцій інтерпретацій). Тільки активна онтологія задовольняє цю умову. На основі цього факту можливе формулювання наступного модального твердження – необхідною умовою визначення онтології як натуральної системи є умова можливого включення до кожної складової множини семантично значущих концептів, їх властивостей та предметних інтерпретацій. Під семантичною значимістю будемо розуміти наступне – відповідний елемент є семантично значущим, якщо його можливо включити в конструкцію певної тавтології. Конструкція певної тавтології включає як мінімум – концепт, його властивості і висловлювання, як ці властивості можуть бути використані у певній послідовності дій.

Розглянемо ще одну категорію, яка певною мірою відноситься до процесу перетворення {дія  $\rightarrow$  результати}. Ця категорія включає в себе поняття **задача**. Поняття задача включає в себе наявність проблемної ситуації в термінах певної онтології і може бути визначена наступним чином [11]:

*Задача* проблемної ситуації з набором заданих цілей може бути представлена у вигляді кортежу

$T = \langle K, K^*, Aim \rangle$ ,  $K$  – модель ПрО, яка відображає проблемну ситуацію;

$K^*$  – кортеж станів ПрО, які актуалізуються на кожному кроці досягнення цілей;

$K^* = \langle K_0, K_1, \dots, K_b, \dots, K_n \rangle$ ,  $Aim = F \times R$  – набір цілей.

Тоді процес вирішення задачі може являти собою певну послідовність упорядкованих тавтологій, кожна з яких наслідуює усі властивості концептів, які складають тавтологію, що їй безпосередньо передуює. У введений нами формалізації цей процес можливо представити у наступному вигляді:

$$I = \langle K, K^*, F \times R, X, R, F, A, (X \times R \times R_s, R^+ \times R) \rangle,$$

$R_s$  – множина обмежень;

$R_s = R^+ \times R$ ;  $R_s$  – може бути розглянуто як замикання відношень  $R$ ;

$R^+$  – множина властивостей, які можуть характеризувати елементи множини  $R$ .

Тоді множину станів вирішення задачі  $I$  можливо розглядати як послідовність упорядкованих тавтологій.

Введення категорії **упорядкованість** до онтологій і натуральних систем потребує визначення категорії **таксономія**. Під таксономією у контексті деяких онтологій як

натуральних систем будемо розуміти певну множину концептів онтології, які мають бінарну властивість **порядковий**, яка може інтерпретуватися наступним чином – бути наступним, бути поточним, бути найближчим.

Ми будемо у наступному розглядати таксономії, за допомогою яких можливе утворення тавтологій, які включають усі концепти, що мають бінарну властивість **порядковий**.

Тоді послідовність процесу вирішення задачі – **I** може бути представлена певною таксономією, яка відображає структуру взаємовідношень тавтологій.

Будь-яку таксономію можливо представити навантаженим дводольним графом [12].

$$G = (V_1 \cup V_2, E),$$

де  $V_1 \cap V_2 = \emptyset$ , вершини з  $V_1$  розмічені іменами предикатів, а вершини з  $V_2$  – іменами аргументів;

$E$  – множина дуг (ребер). Дуги графа з'єднують вершини, помічені іменами предикатів, з вершинами, поміченими іменами аргументів.

Вершини з множини  $V_1$  називаються вузлами-предикатами, вершини з – вузлами  $V_2$  – концептами, а самі предикати – концептуальними предикатами.

Висловлювання формується на основі композиції вершин, інцидентних до одного ребра.

Алгоритм формування:

1. Визначається перша вершина (ліва або права) за напрямком відношення, якщо воно не комутативне;
2. Обирається ліва/права вершина та інцидентне ребро;
3. Обирається права/ліва вершина з інцидентним ребром, яке має ліву/праву вершину;
4. Дводольний граф визначається як висловлювання.

Обчислюється значення висловлювання: істинність – вершини включаються до множини тавтологій, хибність – вершини не входять до цієї множини.

Алгоритм формування тавтологій як множини істинних висловлювань може бути представлений у загальному вигляді нормального алгоритму Маркова [13].

Візуалізація інформації у вигляді ієрархічного графу допомагає:

- швидко знаходити потрібний елемент в ієрархії;
- розуміти зв'язок елемента з контекстом;
- забезпечувати можливість прямого доступу до інформації при вершинах.

Мережевий граф може виступати не лише засобом організації інформації. Розширюючи його традиційні функції завдяки відображенню у вигляді просторово упорядкованої множини тавтологій, граф можна перетворити на середовище, в якому забезпечується активна робота з розподіленими інформаційними ресурсами на основі використання методів натуральних систем.

Нарешті, якщо припустити, 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-е изд.: Пер. с англ. / Конноли Т., Бегг К., Страчан А. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 1120 с.
2. Малишевский А.В. Качественные модели в теории сложных систем. – М.: Наука. Физматлит. 1998. – 528 с.
3. Малишевский А.В. Натуральные системы // Автоматика и телемеханика. – 1973. – № 11.
4. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
5. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
6. Князева Е.Н. Трансдисциплинарные стратегии исследований // Вестник ТГПУ. 2011. №10.
7. 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.
8. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5. – P. 199–220.
9. Гладун В.П. Процессы формирования новых знаний [Текст] / Гладун В.П. – София: СД «Педагог 6», 1994. – 192 с.
10. 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.

11. Стрижак О.Є. Онтологічний інтерфейс як засіб представлення інформаційних ресурсів в ГІС-середовищі / Попова М.А., Стрижак О.Є. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «География». Том 26 (65). 2013 г. № 1, С. 127–135.
12. Diestel R. Graph Theory, Electronic Edition. – NY: Springer-Verlag, 2005. – С. 422.
13. Марков А.А. Теория алгорифмов. / А.А. Марков, Н.М. Нагорный – М.: Наука, 1984. – 432 с. – (Мат. логика и основания математики). // – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Фазис, 1996. – 493 с. – 2000 экз. – ISBN 5-7036-0020-0.

*Стаття надійшла до редакції 05.02.13 українською мовою*

**© А.Е. Стрижак**

### **ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАТУРАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*В статье рассматриваются вопросы использования конструктивных свойств теории натуральных систем при проектировании и построении компьютерных онтологий в определенных системах решения задач. Определяются структурные компоненты онтологий, которые наиболее полно могут быть представлены в виде натуральных систем. Описываются механизмы формирования множества таксономий и иерархий на основе определенных свойств концептов онтологии.*

**© O.Ye. Stryzhak**

### **ONTOLOGICAL CHARACTERISTICS NATURAL SYSTEMS**

*The article is devoted to the use of structural properties of the theory of natural systems in the design and construction of computer systems ontologies in specific problem solving. Identify the structural components of ontologies, which can be more fully represented in the form of natural systems. Describe the mechanisms of multiple taxonomies and hierarchies based on certain properties of ontology concepts.*