

## ІЄРАРХІЧНІ ОНТОЛОГІЇ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИМИ СТРУКТУРАМИ

© Шиян А.А., 2014

**Описано метод побудови онтологій предметної області, навантажених ціллю діяльності, які придатні для автоматизації управління у виробничих та організаційних структурах. Описано загальні методи побудови ієрархічних онтологій предметних областей. Наведено приклади застосування таких методів.**

**Ключові слова:** онтологія, ієрархія, ціль, діяльність, автоматизація.

**The paper describes the method for construction of ontologies for subject area, which has a purpose for activity. The method is based on two ontologies comparison: one before and one after doing the activity. The hierarchy means that the classes of lower level ontology are the objects for the considered ontology. The hierarchical ontology can be constructed by two ways: one as integration of several ontologies into unified ontology, and another one as deepening the notion's sense in the present ontology. Three examples for the obtained results are illustrated. These ontologies can be used for automation of industrial and organizational structures.**

**Key words:** ontology, hierarchy, purpose, activity, automation.

### **Постановка проблеми**

Розробка інформаційних технологій для управління виробничими та організаційними структурами є доволі новим напрямком наукових досліджень та практичної діяльності. Справді, розробка системи класів, термінів та встановлення зв'язків між ними часто фіксує певний набір підходів для подальшої автоматизації виробничих та організаційних процесів.

Наявність онтологій також означає наявність доволі потужної класифікації, термінології та цілого класу математичних моделей, які описують предметну область.

Однак довколишній світ є ієрархічним, і тому ця його особливість повинна знайти своє відображення в побудові онтологій предметних областей. Тільки у такому випадку можна розраховувати на те, що автоматизація у предметній області буде здійснена адекватно, коректно та відповідно до цілі.

Отже, формування онтологій предметних областей, організованих за ієрархічною структурою, є завданням актуальним як в науковому плані, так і важливим в плані практичного застосування.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Під терміном “онтологія” в інформаційних технологіях розуміється специфічний вид інформації про об'єкт чи обчислюваний артефакт [1, 2]. При цьому йдеться про прагматичне бажання використати сучасні комп'ютерні можливості для допомоги людині у підвищенні ефективності її діяльності.

По суті, онтологія є інструментом для формального моделювання структури системи, тобто її складові елементи та зв'язки між ними. Усе це, крім того, повинно впливати із спостереження (наприклад, повинна бути ідентифікація як складових елементів, так і зв'язків між ними). І нарешті, онтологія повинна бути корисною для використання у діяльності, що стосується нашої мети.

Як правило, основна увага дослідників зосереджена на побудові онтологій. У [3] представлено великий обсяг інформації як з методів побудови онтологій для різних предметних областей, так і з методів їх використання в інформаційних технологіях. Наведено також багато прикладів конкретних реалізацій технологій.

Однак в існуючих підходах до побудови онтологій зустрічається одне неявне припущення. Воно полягає у тому, що побудова онтології розглядається як побудова певної “абсолютної” конструкції, яка “абсолютно” відповідає формальній моделі структури системи (тобто структури предметної області).

Звичайно, таке припущення не є справедливим з багатьох причин.

По-перше, неможливо побудувати “абсолютно адекватну” формальну модель досліджуваного об’єкта. Наприклад, зростання наукових знань (які є “за необхідності” формалізовані) постійно призводитиме до необхідності постійної зміни онтології: з’являтимуться нові об’єкти та нові зв’язки між ними.

По-друге, саме “наповнення” предметної області (визначення класів, їх ієрархія, визначення властивостей класів та їх допустимих значень, заповнення значень слотів (використано термінологію [4]) залежить від мети, яка ставиться перед суб’єктом, що здійснює діяльність.

Отже, врахування цілі побудови онтології має велике значення для їх оптимального використання. Більше того, мета побудови “ідеальної” (або “повної”) онтології для заданої предметної області, як показано вище, не може бути досягнута взагалі. І навпаки, формування онтологій, орієнтованих на задані орієнтири практичної діяльності, має високий потенціал для практичного застосування.

### Формулювання цілі статті

Мета роботи – розробити класифікацію методів побудови ієрархічно організованих онтологій предметних областей, навантажених ціллю діяльності.

### Виклад основного матеріалу

Найпростіший “алгоритм проведення експерименту”, який диктується загальною методологією науки, виглядає так:

- а) виділяємо розглянуту предметну область (систему), задаючи (та фіксуючи) при цьому мету діяльності та методи (технології) для отримання кількісних значень;
- б) фіксуємо у ній стани та процеси, використовуючи для отримання необхідних кількісних характеристик методи (технології), які обрали на попередньому кроці;
- в) здійснюємо “діяльність”, тобто заплановану систему кроків, дій (чи бездіяльностей) тощо;
- г) знову – вже після “акту діяльності” – фіксуємо зміни у станах і процесах нашої предметної області (системи).

Математично наведений алгоритм може бути поданий у такому вигляді.

Введемо такі математичні структури:

$G$  – множина цілей діяльності,  $g_i \in G$  – конкретна ціль для розглядуваної діяльності.

$SA$  – множина характеристик предметної області, у межах якої здійснюється діяльність,  $sa_i \in SA$  – конкретні характеристики предметної області, у межах якої здійснюється діяльність.

$T$  – множина технологій для побудови онтологій,  $t_i \in T$  – підмножина конкретних технологій, які можна використати для побудови онтологій для заданої предметної області та заданої цілі діяльності.

Загалом  $t_i$  повинна розглядатися як певний оператор, який переводить множину  $sa_i$  та  $g_i$  у конкретну онтологію  $O_i$ , якою описується задана предметна область для заданої цілі діяльності.

Сказане можна записати у такому вигляді:

$$O_i = t_i(g_i, sa_i). \quad (1)$$

У формулі (1)  $O_i$  розглядається як конкретна онтологія для конкретної ситуації, тобто як сукупність конкретних характеристик, параметрів, значень тощо, які задають предметну область діяльності на цей момент часу.

Використовуючи (1), діяльність можна подати у вигляді такого математичного співвідношення:

$$D_i = O_i^{after} - O_i^{before}, \quad (2)$$

де  $D_i \hat{I} D$  – опис конкретної діяльності у термінах зміни характеристик, параметрів, значень тощо (тобто усього, що описує предметну область у межах мети діяльності);  $D$  – простір можливих діяльностей, який задається через онтологію предметної області.

У формулі (1) явно введена залежність діяльності від *проміжку часу*, який витрачено на діяльність.

Сама ж діяльність визначається через *різницю* у значеннях параметрів, характеристик та значень інших змінних, які входять до онтології предметної області.

Якщо такі зміни є (тобто  $D_i \hat{I} \mathcal{E}$ ), то був і “акт діяльності”.

Опишемо ієрархічну організацію онтологій предметної області. Її загальний вигляд показано на рис. 1.

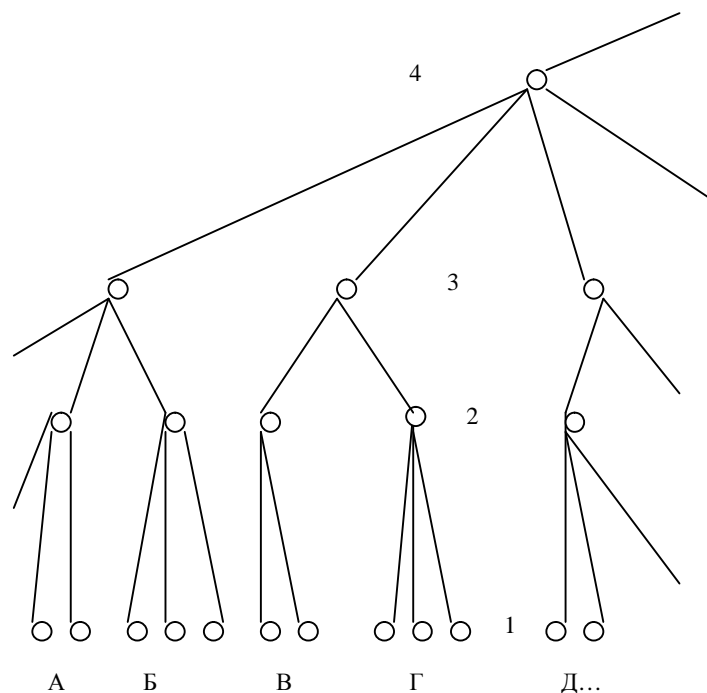


Рис. 1. Зображення ієрархічної організації онтологій (пояснення в тексті)

Наведемо кілька прикладів, які демонструють різні напрямки ієрархічного включення онтологій.

*Приклад 1.* Побудова ієрархії онтологій шляхом переходу до наукових термінів вищого порядку (“в глибину”).

Розглянемо теоретичну фізику, як предметну область.

Для онтології рівня 1 – класичної фізики (класичної механіки) – як екземпляри будуть виступати об’єкти реального світу. Як класи – такі терміни, як “частинка”, “матеріальна точка”, “хвиля”, “абсолютно тверде тіло”, “сила” тощо.

Для онтології рівня 2 як приклад розглянемо квантову механіку – як екземпляри виступають класи із онтології рівня 1, такі як “частинка”, “хвиля”, “поле”, “потенційна енергія” тощо. Частина

із них об'єднується в класи. Наприклад, “частинка” + “хвиля” = “квантовий об'єкт”. Деякі екземпляри “переносяться” як класи в квантову механіку: але *сислове наповнення* та *правила їх використання* вже відрізняються від того, що було в онтології рівня 1.

Як онтологій рівня 1, так і онтологій рівня 2 у межах теоретичної фізики є доволі велика кількість.

Можна переходити також і до онтологій вищого рівня: це “квантова теорія поля”, “електрослабка взаємодія”, “інфляційна теорія Всесвіту”, “суперструни” тощо.

*Приклад 2.* Побудова ієрархії онтологій шляхом об'єднання кількох предметних областей (“в ширину”).

Іншим прикладом побудови ієрархії онтологій є побудова їх ієрархії “в ширину”.

Як приклад, розглянемо таку предметну область, як *синергетика*.

Як онтології рівня 1 тут виступають різні предметні області: наприклад, фізика (лазери), хімія (автокаталітичні реакції), біологія (морфогенез) тощо. Елементи та класи у цих областях задаються очевидним способом.

А ось онтологія рівня 2 будується доволі специфічно: її екземплярами є *математичні рівняння* для розрахунку динаміки (в загальному випадку – просторово-часової) певних характеристик в окремих предметних областях. А клас онтології задається як “однакові” (в *математичному сенсі*) математичні рівняння, які використовуються для опису. Тому в один і той самий клас можуть входити об'єкти із різних областей науки.

По суті, в синергетиці клас – це сукупність *подібних* процесів у сенсі теоретичного розуміння та математичного опису. Наприклад, синергетика та “процеси самоорганізації” формують одну й ту саму онтологію предметної області.

Звернімо увагу, що навіть у межах однієї *загальної* предметної області здебільшого можуть бути побудовані онтології вищого порядку, які охоплюють *кілька* “часткових” предметних областей фізики. Наприклад, суть таких явищ, як 1) надпровідність, 2) надплинність, 3) поява маси елементарних частинок, 4) генерація лазерного випромінювання описуються однаковими рівняннями, – тобто належать до *одного* класу у межах синергетики як окремої предметної області.

При цьому загальноприйнятий “поділ за науками” не використовується.

Наукова діяльність може виконуватися у межах онтологій різного рівня ієрархії. Наведемо приклад, який описує канали впровадження в науку наукового результату, який отриманий в онтології вищого рівня.

Підкреслимо, що кожен проект, для того, щоб він мав шанси бути втіленим у життя, повинен розвиватися за вищеописаною технологією побудови онтології “в ширину”.

*Приклад 3.* Приклад деталізації наукового результату, отриманого в онтологіях рівня 2 і вище.

В межах онтології високого рівня був отриманий такий результат: “впорядкована (когерентна) структура формується та існує в результаті *одночасного* існування процесів як її формування, так і руйнування”.

Це уможливило, вводячи відповідні характеристики, записати універсальне математичне рівняння для опису таких структур.

Деталізація на конкретні предметні області сучасної науки дало змогу отримати такі наукові результати:

1) для автоматизації управління виробничими та організаційними структурами: метод розрахунку розподілу фірм за їх характеристиками [5];

2) для інженерії довкілля та екології: кількісний опис існуючих експериментальних результатів [6], встановлення невідомої раніше залежності між параметрами, що описують *різні* біологічні характеристики живих організмів [7], розроблення нового методу для визначення рівня впливу зовнішнього середовища на екосистеми [8].

### **Інформаційна технологія для автоматизації побудови онтологій**

Сьогодні онтології будуються з орієнтацією переважно на формування тезаурусу предметної області [3]. До того ж з метою автоматизації управління у межах конкретної предметної області (наприклад, у галузях теплоенергетики, інженерії довкілля та екології, впорядкування міст та регіонів тощо), необхідно здійснювати формування саме таких онтологій, які були б орієнтовані на їх подальше застосування у сучасних інформаційних технологіях підтримки прийняття рішень. Це вимагає розроблення спеціалізованих методик для побудови онтологій.

У [9] такий метод був розроблений, причому доведено, що він може бути застосований для опису предметної області на довільному рівні ієрархії та для різних предметних областей. Також з метою здійснення стандартизації технологій побудови онтологій на довільному рівні ієрархії була розроблена відповідна інформаційна технологія [10].

### **Висновки**

У роботі описаний метод побудови онтологій предметної області, навантажених ціллю діяльності, які придатні для автоматизації управління у виробничих та організаційних структурах. Описано загальні методи побудови ієрархічних онтологій предметних областей. Наведено приклади застосування таких методів.

1. Gruber T. R. *A Translation Approach to Portable Ontologies* // *Knowledge Acquisition*. – 1993. – 5(2). – P. 199–220. 2. Gruber T. R. *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing* // *International Journal of Human Computer Studies*. – 1995. – 43(5–6). – P. 907–928. 3. Staab S., Studer R. (eds.), *Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems*, Berlin: Springer, 2009. – 832 p. 4. Noy N. F., McGuinness D. L. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontolog*. *Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880*, March 2001. – 25 p. Веб-сторінка [http://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101.html](http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.html). 5. Shiyani A.A. *On the Problem of Elaboration of New Criteria for Control of Hierarchical Socio-Economic Systems* // *The Journal of Automation and Information Sciences*. – 1998. – Issue 4-5. – Pp. 216–225. 6. Shiyani A. A. *Method for Determination of the Functional State of Cells: Lymphocytes* // *Biophysics*. – 1999. – V. 44, № 6. – P. 1027–1031. 7. Шиян А.А. *Вывод соотношения между массой и продолжительностью жизни живых организмов* // *Докл. НАН Украины*. – 1997. – № 1. – С. 183–185. 8. Shiyani A.A. *The Mass distribution of Biological Systems as a Characteristic of Their Interaction with the Surrounding Medium* // *Biophysics*. – 1997. – V. 42. – P. 1173–1178. 9. Шиян А.А. *Информационное пространство и классификация стратегий управленческой деятельности в теории игр и принятия решений* // *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. – 2007. – № 3(10). – С. 131–139. 10. *Комп'ютерна програма “Структуризатор бази даних згідно з цільовою функцією (СБД ЦФ)” / А. А. Шиян, Л. О. Нікіфорова, С. В. Костішин* // *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 47738*. – К.: Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 11.02.2013.