

9. Лотов А. В. Введение в экономико-математическое моделирование / Лотов А. В. — М.: Наука, 1984. — 245 с.

10. Компьютер и поиск компромисса. Метод достижимых целей / [Лотов А. В., Бушенков В. А., Каменев Г. К. и др.] — М.: Наука, 1997. — 364 с.

11. Ковальчук К. Ф. Интеллектуальная поддержка принятия экономических решений / Ковальчук К.Ф.; [отв. ред. О. П. Суслов.] — Донецк: ИЭП НАНУ, 1996. — 224 с.

УДК 004.822 004.5

**І. А. Козак**, канд. екон. наук, доцент,  
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

## **ВІДБРАЖЕННЯ ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ У КОНЦЕПТУАЛЬНІ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

*АННОТАЦИЯ. В статье описаны правила отображения онтологических моделей (таксономий, композиций, свойств) в концептуальные схемы информационной системы.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** онтологии, онтологические модели, концептуальная схема, информационные системы.

*АНОТАЦІЯ. В статті описано правила відображення онтологічних моделей (таксономій, композицій, властивостей) у концептуальні схеми інформаційної системи.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** Онтології, онтологічні моделі, концептуальна схема, інформаційні системи.

*SUMMARY. The rules of image of ontology models (the taxonomy, composition, characteristic) in conceptual schemes of the information systems are described in the article.*

**KEY WORDS.** Ontologies, ontology models, conceptual scheme, information systems.

В роботі [1] нами сформульована концепція онтологічного моделювання інформаційних систем (ІС) як розвиток ідеї Guarino [2] про можливість проектування інформаційних систем на основі онтологій.

При цьому зазначено, що в основі концепції онтологічного проектування ІС мають лежати два типи моделей: онтологічна модель і концептуальна схема ІС.

На сьогоднішній день створення онтологій та концептуальне моделювання інформаційних систем являють собою два незалежні напрямки робіт при створенні інформаційних систем.

Так, для формального опису онтологій використовуються відповідні мови — DAML+OIL, OWL, RDF, методи логічного опису та ін. Для побудови онтологій використовуються відповідні методи — MethOntology, WebODE, On-To-Knowledge та ін.

Для формального опису концептуальних моделей інформаційних систем у свою чергу використовуються реляційні моделі (Чена) та моделі в UML, OML, IDEFx тощо. Для розробки цих моделей використовуються відповідні методології — об'єктного моделювання, структурного моделювання, та ін..

Для можливості здійснення онтологічного моделювання необхідно дослідити можливості відображення онтологічних моделей у концептуальні моделі (схеми) інформаційних систем (тобто, спробувати поєднати ці два напрямки).

Найбільш системне дослідження відмінностей між онтологіями і концептуальними схемами здійснене в роботі [3], де пропонується розглядати онтології і концептуальні схеми як два різноманітні рівні представлення інформації. Онтологіям відводиться роль моделей предметних областей, незалежних від конкретних реалізацій (що не містять наповнення конкретними даними), тоді як концептуальні схеми повинні «зв'язувати» дані з онтологіями для конкретної інформаційної системи і виділяти з онтології ті її частини, що суттєві для реалізації інформаційної системи. Хоча, й зазначається, що існує багато онтологій, у яких використовуються саме «конкретні» дані.

В роботі [4] автори вважають, що онтології можуть бути використані як компоненти побудови концептуальних схем.

В роботі [5] досліджуються можливості зв'язування елементів специфікації схем з онтологіями (для таксономій) і пропонується здійснювати анотування об'єктних специфікацій схем онтологічними поняттями.

В роботі [6] аналізуються властивості онтологій і зазначається, що формальні специфікації онтологій можуть частково співпадати з концептуальними моделями (схемами) інформаційної системи, однак не вказуються межі та приклади таких співпадань.

Важливим висновком з робіт [5, 6] є те, що деякі типи онтологічних відношень пов'язані з концептуальними схемами.

В роботі [7] описано відображення в UML онтологічних специфікацій на розширенні мови MOL, еквівалентному DAML+OIL. Для конструкцій MOL, для яких існують еквівалентні конструкції

в UML, використовується відповідні нотації UML. В інших випадках використовується механізм стереотипів, що введений у UML для розширення мови. В результаті показано відображення типів понять (класи) та відношень тип-підтип (відношення узагальнення), а також атрибутів типа, асоціацій між типами та метатипів асоціацій.

Висновок, що можна зробити з роботи [7], — онтологічні моделі таксономій (основні типи онтологічних моделей виділені в [8]) можуть бути відображені у графічні представлення UML (у схемі інформаційної системи).

У даній роботі ми ставимо задачу дослідити можливість відображення різних типів відношень (не лише таксономій) у концептуальні схеми та описати ці відображення формально.

Нехай задана універсальна онтологія  $U$ , що включає множину онтологічних моделей  $\{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ , кожна з яких задає певний семантичний аспект тексту. Кожна онтологічна модель може характеризуватися також екстенціональними даними.

Побудова онтологічної моделі ІС для певної предметної області передбачає виділення підмножини онтологічних моделей, що забезпечують можливість моделювання ІС та виділення з деякої універсальної онтології (методи формування якої описані нами в [9]) для кожної з моделей підмножини даних для даної предметної області.

Виділення підмножини онтологічних моделей, достатньої для забезпечення моделювання ІС передбачає наступне: якщо існує модель інформаційної системи (схема інформаційної системи), що описується множиною  $\{I_1, I_2, \dots, I_l\}$ , то існують перетворення, що забезпечать перехід множини моделей  $\{M_k, M_{k+1}, \dots, M_{k+f}\}$  у множину  $\{I_1, I_2, \dots, I_l\}$ .

Опишемо перетворення онтологічних моделей, заданих за допомогою семантичної мережі, описаної в [10], у схемі інформаційної системи. Вибір як формалізму представлення для онтологічних моделей семантичних мереж обумовлений «однобічністю» описів онтологій на основі мов формального опису онтологій. (Аналізуючи конструкції даних мов формального опису, можна помітити, що навіть у найбільш розширеній з них OWL, що включає OIL+DAML, існують детальні можливості лише для задання класів, підкласів та їх членів (таксономії), для інших же типів відношень не передбачаються спеціальні елементи — їх можна задавати лише через властивості класів).

На сьогодні до схем інформаційної системи у першу чергу відносять схеми баз даних. Формальне представлення концептуальних схем баз даних здійснюється на основі моделі Чена [11] «об’єкт—зв’язок» за наступними правилами: 1) кожному прямокутнику відповідає свій клас об’єктів Чена; 2) список імен атрибутів класу об’єктів вказується під відповідним прямокутником; 3) біля дуг, що з’єднують прямокутники, вказуються типи зв’язків (1:1, 1:N, N:1, M:N).

Розглянемо перетворення онтологічних моделей у концептуальні схеми БД. Нехай дано модель таксономії  $M_k = T_i^k = \langle O_i, A_i^k, \{Z_{ij}^k\} \rangle$ , де  $O_i$  —  $i$ -ий об’єкт предметної області,  $A_i^k$  —  $k$ -та класифікаційна ознака -ого об’єкта,  $\{Z_{ij}^k\}$  — множина  $j$ -их значень для  $i$ -го об’єкта за  $k$ -ою ознакою.

Приклад таксономій наведено на рис. 1.

elem	klass	prizm	url	meta
сырье	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
основные материалы	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
покупные полуфабрикаты	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
вспомогательные материалы	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
отходы	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
тара	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
запасные части	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
быстроизнашивающиеся предметы	материалы по способу использования и назначению		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
черные металлы	материалы по техническим свойствам		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
прокат	материалы по техническим свойствам		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
трубы	материалы по техническим свойствам		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
цветные металлы	материалы по техническим свойствам		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
химикаты	материалы по техническим свойствам		http://slovoedia.com/7/202/663247.html	
сырье	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
основные материалы	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
полуфабрикаты	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
вспомогательные материалы	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
отходы	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
тара	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
запасные части	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
предметы	материалы по способу использования и назначению		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
металлы	материалы по техническим свойствам		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
прокат	материалы по техническим свойствам		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	
трубы	материалы по техническим свойствам		http://mirslaverei.com/content_ecoKЛАССИФИКАЦА...	

Рис. 1. Таксономії

На основі подібних таксономій може бути сформований об’єкт Чена: «Типи матеріалів за способом використання та при-

значення», що включатиме код типу та назву типу. Відображення може бути представлено як на рис. 2.



Рис. 2. Відображення таксономії у схему БД

Таким чином, на основі таксономії можуть бути утворені об'єкти-довідники. Схема бази даних для забезпечення такого перетворення при побудові інформаційної системи, повинна містити модель  $I_1$ , що описує структуру подібних об'єктів:

$$I_1 = \langle NO_i, KA_i, NA_i, FKA_i, FNA_i, \{ZKA_{ij}\}, \{ZNA_{ij}\} \rangle,$$

де  $NO_i$  — назва об'єкта Чена,  $KA_i$  — назва поля коду,  $NA_i$  — назва поля назви,  $FKA_i$  — формат коду,  $FNA_i$  — формат назви,  $\{ZKA_{ij}\}$  — множина значень коду,  $\{ZNA_{ij}\}$  — множина значень назви.

Тоді відображення онтологічної моделі таксономії можна задати наступним чином:

$$NO_i = f1(T_i^k, O_i, A_i^k), \text{ де } f1 \text{ — функція конкатенації елементів;}$$

$$KA_i = f2(T_i^k, O_i, A_i^k), \text{ де } f2 \text{ — функція конкатенації слова «код» та елементів;}$$

$$NA_i = f3(T_i^k, O_i, A_i^k), \text{ де } f3 \text{ — функція конкатенації слова «назва» та елементів онтологічної моделі;}$$

$$FKA_i = f4(\{Z_{ij}^k\}), \text{ де } f4 \text{ — функція обчислення розміру поля коду за кількістю елементів;}$$

$$FNA_i = f5(\{Z_{ij}^k\}), \text{ де } f5 \text{ — функція визначення розміру поля назви за довжиною елементів;}$$

$$ZKA_{ij} = f6(FKA_i), \text{ де } f6 \text{ — функція присвоєння значень кодів, залежно від їх кількості;}$$

$$ZNA_{ij} = f7(\{Z_{ij}^k\}), \text{ де } f7 \text{ — функція присвоєння значень назв із значень елементів онтології.}$$

Онтологія може також містити екстенсіональні дані. Так, для таксономій у текстах можуть бути виявлені приклади елементів певного класу (наприклад, до основних матеріалів належать чорні метали в машинобудуванні, ліс деревообробної промисловості та ін.). Якщо модель екстенсіональних даних таксономії має вигляд:

$$DT_i^k = \langle \{Z_{ij}^k\} \{D_{ijn}^k\} \rangle,$$

де  $\{D_{ijn}^k\}$  — множина  $n$ -их прикладів (значень)  $j$ -их елементів  $i$ -ого класу, то можуть бути створені довідники елементів класів. Схема бази даних для цього повинна містити модель  $I_2$ , що описує структуру подібних об'єктів:

$$I_2 = \langle NO_i, KA_i, KZ_i, ND_i, FKA_i, FKZ_i, FND_i, \{ZKA_{ij}\}, \{ZKZ_i\}, \{ZND_{ij}\} \rangle,$$

де  $NO_i$  — назва об'єкта Чена,  $KA_i$  — назва поля коду класу,  $KZ_i$  — назва поля коду елемента,  $ND_i$  — назва поля значень елементів,  $FKA_i$  — формат коду класу,  $FKZ_i$  — формат коду елемента,  $FND_i$  — формат значень,  $\{ZKA_{ij}\}$  — множина значень коду класу,  $\{ZKZ_i\}$  — множина значень кодів елементів,  $\{ZND_{ij}\}$  — множина значень елементів;

$NO_i = f8(O_i)$ , де  $f8$  — функція конкатенації слова «довідник» та назви об'єкта, для якого формується довідник значень;

$KA_i = f2(T_i^k, O_i, A_i^k)$  — може бути взята із довідника, сформованого на попередньому етапі;

$KZ_i = f9(O_i)$ , де  $f9$  — функція конкатенації слова «код» та назви об'єкта, для якого формується довідник значень;

$ND_i = f10(O_i)$ , де  $f10$  — функція конкатенації слова «назва» та назви об'єкта, для якого формується довідник значень;

$FKA_i = f4(\{Z_{ij}^k\})$  — береться з попереднього довідника;

$FKZ_i = f11(\{D_{ijn}^k\})$ , де  $f11$  — функція визначення розміру поля коду за кількістю елементів;

$FND_i = f12(\{D_{ijn}^k\})$ , де  $f12$  — функція визначення розміру поля назви за довжиною елементів;

$ZKA_{ij} = f6(FKA_i)$  — присвоєння значень кодів із попереднього довідника;

$ZKZ_i = f13(\{D_{ijn}^k\})$ , де  $f13$  — функція присвоєння значень кодів, залежно від їх кількості;

$ZND_{ij} = f14(\{D_{ijn}^k\})$ , де  $f14$  — функція присвоєння значень назв із значень елементів онтології.

Якщо задано моделі композиції виду:  $P_i = \langle O_i, \{A_{ij}\}, \{K_{ij}\} \rangle$ , де  $\{A_{ij}\}$  — множина  $j$ -х елементів, що складають  $i$ -й об'єкт,  $\{K_{ij}\}$  — кількість  $j$ -х елементів у  $i$ -ому об'єкті (необов'язкова), то вони можуть бути відображені в об'єкт Чена іншим способом — рис. 3.

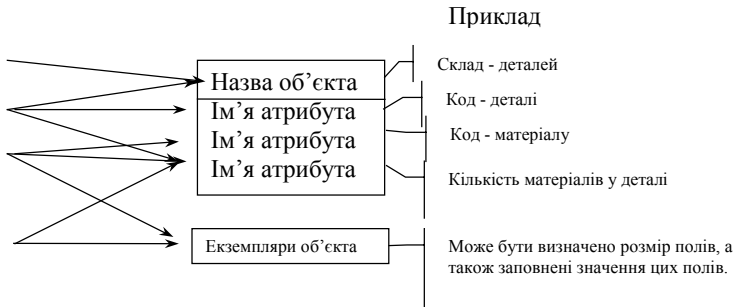


Рис. 3. Відображення композиції у об'єкт Чена

На основі композицій можуть бути утворені об'єкти, що містять інформацію про застосовуваність елементів у об'єктах чи про норми витрат ресурсів для об'єкта.

Схема бази даних інформаційної системи для такого випадку повинна містити модель  $I_3$ :

$$I_3 = \langle NO_i, KO_i, KA_j, [KOA_{ij}], FKO_i, FKA_j, [FOA_{ij}], \{ZKO_i\}, \{ZKA_j\}, \{ZOA_{ij}\} \rangle,$$

де  $NO_i$  — назва об'єкта Чена,  $KO_i$  — назва поля коду об'єкта,  $KA_j$  — назва поля коду елемента,  $KOA_{ij}$  — назва поля кількість елементів на об'єкт,  $FKO_i$  — формат коду об'єкта,  $FKA_j$  — формат коду елемента,  $FOA_{ij}$  — формат кількості елементів,  $\{ZKO_i\}$  — множина значень кодів об'єкта,  $\{ZKA_j\}$  — множина значень кодів елементів,  $\{ZOA_{ij}\}$  — множина значень кількостей.

Тоді відображення онтологічної моделі композицій можна задати наступним чином:

$NO_i = f15(P_i, O_i)$ , де  $f15$  — функція конкатенації елементів онтологічної моделі;

$KO_i = f16(O_i)$ , де  $f16$  — функція конкатенація слова «код» та елемента онтологічної моделі;

$KA_j = f17(A_{ij})$ , де  $f17$  — функція конкатенації слова «код» та елемента онтологічної моделі;

$KOA_{ij} = f18(O_i, A_{ij})$ , де  $f18$  — функція конкатенації слова «кількість» та елементів онтологічної моделі;

$FKO_i = f19(O_i)$ , де  $f19$  — функція обчислення розміру поля коду за кількістю елементів (може бути взята з наявного довідника);

$FKA_j = f20(A_{ij})$ , де  $f20$  — функція обчислення розміру поля коду за кількістю елементів (може бути взята з наявного довідника);

$FOA_{ij} = f21(K_{ij})$ , де  $f21$  — функція обчислення розміру поля коду за розміром елементів;

$ZKO_i = f22(O_i)$ , де  $f22$  — функція присвоєння значень кодів, залежно від їх кількості за одним із методів класифікації — паралельно може будуватися довідник об'єктів, або значення беруться із вже існуючого довідника;

$ZKA_j = f23(A_{ij})$ , де  $f23$  — функція присвоєння значень кодів, залежно від їх кількості за одним із методів класифікації — паралельно може будуватися довідник елементів, або значення беруться із вже існуючого довідника;

$ZOA_{ij} = f24(\{K_{ij}\})$ , де  $f24$  — функція присвоєння значень кількостей із значень елементів онтології.

Модель властивостей (відношення «об'єкт — властивість»), не дивлячись на схожість із моделлю композиції:  $V_i = \langle O_i, \{A_{ij}\} \rangle$ , де  $\{A_{ij}\}$  — множина властивостей  $i$ -го об'єкта, матиме інше відображення у схему бази даних. Таке відображення може бути забезпечене модифікованою моделлю  $I_3$ :

$$I_3 = \langle NO_i, KO_i, \{KA_j\}, FKO_i, \{FKA_j\}, \{ZKO_i\}, \{ZKA_j\} \rangle.$$

При цьому об'єкти-документи у схему бази даних вже не відображаються. Документи можуть бути використані в інформа-



ційній системі або на «вході» — для введення з них інформації, або ж на «виході» — як результатна інформація. В схемі інформаційної системи це інтерфейси. В UML для відображення інтерфейсів прийнято використовувати об'єкти, аналогічні об'єктам Чена, із зазначенням їх класу (boundary на відміну від entity для об'єктів БД). Структура документа може бути повністю відображена на інтерфейсний об'єкт.

Таким чином, із онтологічних моделей таксономій, композицій та властивостей можуть бути сформовані об'єкти Чена (або класи UML). Очевидною є наявність зв'язків між об'єктами (наприклад, для коду класу між моделями та ), які також мають бути специфіковані.

Зв'язки сутностей з процесами відображаються в схемах за допомогою діаграм UseCase в UML (або в IDEF0). Однак, таке узагальнене представлення (в яке цілком можливе відображення відповідних онтологічних моделей) потребує подальших досліджень щодо взаємозв'язку з іншими схемами.

Причинно-наслідкові та часові зв'язки між процесами можуть бути відображені у кількох типах UML діаграм. Діаграми послідовності (кооперацій) «деталізують» певний процес (UseCase) відображаючи взаємодію між об'єктами. Діаграми дій (станів) відображають дії (стани) для певного об'єкту.

Моделі просторових зв'язків можуть бути відображені на діаграмах розгортання.

## **Висновки**

В даній роботі нами специфіковано відображення ряду онтологічних моделей, а саме моделей таксономій, композицій та властивостей у схеми інформаційної системи.

Ми не деталізуємо відображення причинно-наслідкових, часових, просторових моделей та моделей використання інформації (зв'язки функцій з аргументами, тощо), оскільки, на нашу думку, моделі UML не досить виразні для відображення схем інформаційної системи, придатних для кодогенерації. Тому подальші дослідження мають бути пов'язані із врахуванням особливостей об'єктно-орієнтованих програм при описі схем для повноти відображення.

Завдання, таким чином, взаємозв'язків між онтологіями та концептуальними схемами інформаційних систем дозволить

здійснювати генерацію концептуальних схем ІС безпосередньо з онтологій, що забезпечить можливості реалізації концепції онтологічного моделювання ІС [1] та дозволить здійснювати проектування інформаційних систем на якісно новому рівні.

### **Література**

1. Козак І. А. Концепція онтологічного моделювання інформаційних систем // Моделювання та інформаційні системи в економіці. Збірник наукових праць. Вип. 78. — К.: КНЕУ, 2008. — С. 84—93.
2. Guarino, N. Formal Ontology and Information Systems, in N. Guarino (Ed.) Formal Ontology in Information Systems, Amsterdam, Netherlands: IOS Press, (1998) pp. 3—15.
3. Fonseca, F. and J. Martin (2007) «Learning the Differences Between Ontologies and Conceptual Schemas Through Ontology-Driven Information Systems,» JAIS — Journal of the Association for Information Systems — Special Issue on Ontologies in the Context of IS Volume 8, Issue 2, Article 3, pp. 129—142, February 2007.
4. Fikes R., Farquhar A. «Distributed Repositories of Highly Expressive Reusable Ontologies,» IEEE Intelligent Systems, vol. 14, pp. 73—79, 1999.
5. Скворцов Н. А. Связывание объектных спецификаций по семантике онтологического уровня // Труды 8-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» — RCDL'2006, Суздаль, Россия, 17—19 октября, 2006.
6. Шалфеева Е. А., Грибова В. В. Внутренние свойства онтологий // Труды IV Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'05. Москва, 25—28 января 2005 г. — М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2005. — С. 1109—1128.
7. Брюхов Д. О., Тюрин И. Н. Представление онтологических спецификаций посредника в UML // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии. Труды Четвертой Всероссийской научной конференции RCDL'2002 Дубна, 15—17 октября 2002 г. Том 2. — С. 251—256.
8. Шалфеева Е. А. Классификация структурных свойств онтологий // Искусственный интеллект. — 2005. — Т. 3. — С. 67—77.
9. Козак І. А. Автоматизоване формування універсальної онтології для проектування ІС // Бизнес Информ. Научный информационный журнал. — № 2(2). — 2009. — С. 173—176.
10. Козак І. А. Централізований підхід до опису Web-онтологій // Штучний інтелект. — № 4. — 2008. — ІІІІ МОН і НАН України «Наука і освіта». — С. 80—85.
11. Чен П. Модель «сущность-связь» — шаг к единому представлению о данных // СУБД. — 1995. — № 3. — С. 137—158.