

УДК 004.91

**В.Б. Задоров, В.В. Демченко, В.Т. Шпирний,
І.В. Бондаренко**

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ФОРМУВАННЯ ІЄРАРХІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЕЙ

Запропоновано одну концепцію побудови ієрархічних інформаційних моделей об'єктів і процесів з використанням онтологій функціональних предметних областей інвестиційно-будівельного комплексу з метою підвищення рівня інтероперабельності сучасних комп'ютерних інформаційних систем (KIC), що застосовуються в життєвому циклі будівель та споруд.

Ключові слова: *інтероперабельність, застосування ієрархічних інформаційних моделей об'єктів та процесів в KIC будівництва, таксономічні і мереологічні ієрархії знань та даних, тезаурус - ієрархічно організована сукупність концептів (термінів), алгоритм класифікаційного уточнення і мереологічно-структурної деталізації об'єктів і процесів*

Постановка проблеми

Інформаційне моделювання об'єктів і процесів будівництва здійснюється для вирішення практично всіх задач життєвого циклу створення та експлуатації будівель і споруд.

Практично починаючи з передінвестиційної стадії і завершуючи експлуатацією будівель і споруд вирішення багатьох задач базується на інформаційних моделях, в яких описуються конструктивні, об'ємно-планувальні, інженерні, організаційно-технологічні й управлінські рішення. В галузі та в споріднених їй областях використовується багато інформаційних систем і технологій, які є, як правило, різнофункціональними та різноспрямованими на задачі багатьох учасників цього життєвого циклу [5;6;8]. Всі ці інформаційні системи і технології між собою, як правило, не інтегровані. Це пояснюється як складністю і

специфікою самих об'єктів будівництва, так і процесів, що супроводжують їх підготовку, будівництво та експлуатацію. Різні програмні продукти багато в чому використовують свою термінологію та спеціальні структури знань і даних. Якщо ці різнофункціональні продукти пов'язані між собою технологічно, то цей взаємозв'язок забезпечується засобами експорту та імпорту інформації, (що часто не вирішує) але цього недостатньо для розв'язання проблеми інтеграції на сучасному рівні.

Взаємодія різних учасників інвестиційно-будівельного процесу все більш ускладнюється. В той же час вимоги до якості й ефективності такої взаємодії все більше зростають. Підвищення продуктивності діяльності кожного з учасників значною мірою забезпечується завдяки сучасним інформаційним системам і технологіям, що використовуються для вирішення багатьох задач на

**ФОРМИРОВАНИЕ
ИЄРАХИЧЕСКИХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ОНТОЛОГИЙ ПРЕДМЕТНЫХ
ОБЛАСТЕЙ**

Предложена одна концепция построения иєрархических информационных моделей объектов и процессов с использованием онтологий функциональных предметных областей инвестиционно-строительного комплекса с целью повышения уровня интероперабельности современных компьютерных информационных систем, которые применяются в жизненном цикле зданий и сооружений.

**FORMING OF HIERARCHICAL
INFORMATIVE MODELS
OBYEKTOV AND PROCESSES
WITH THE USE OF ONTOLOGIES
OF SUBJECT DOMAINS**

One conception of construction of hierarchical informative models of objects and processes offers with the use of functional subject domains of investment-building complex with the purpose of increase of level of interoperability of the modern computer informative systems that are used in the vital loop of building and building.

всіх етапах життєвого циклу будівель і споруд. Але бурхливий розвиток різнофункціональних комп'ютерних інформаційних систем і технологій у зв'язку зі специфікою такої предметної області, як будівництво, сприяв неузгодженості існуючих програмних продуктів як загального, так і спеціалізованого функціонального призначення, а деякій «хаотичності» у використанні. Використання програмних продуктів, різноманітних за призначенням та різнофункціональних програмних продуктів, що не стикаються і мають свої семантичні відмінності навіть при описі однакових інформаційних об'єктів, не сприяє подальшому зростанню продуктивності сумісної діяльності всіх учасників будівництва. Саме тому виникає ситуація, коли на одне з перших місць виходить проблема підвищення рівня інтегрованості існуючих та новостворюваних інформаційних систем і технологій в інвестиційно-будівельному комплексі.

Існує багато спеціалізованих ІТ для задач передінвестиційного аналізу та оцінки майбутніх будівель та споруд, їх подальшого детального проектування, розрахунків інвесторського кошторису та потреби в ресурсах, виконання планових розрахунків будівельними організаціями для участі в тендерах договорів підяду та встановлення термінів будівництва, моніторингу будівництва та експлуатації готової будівельної продукції. Всі вони, як правило, базуються на різних інформаційних моделях об'єктів та процесів будівництва.

В наступні 5-10 років конкурентоздатними залишаться тільки ті підприємства, які комплексно вирішують свої проектні, інженерні, виробничі та управлінські задачі на основі інформаційних технологій, що стикаються між собою:

- на методологічному та методичному рівнях (за рахунок приведення до єдиних інструктивних стандартів вирішення різних взаємопов'язаних функціональних задач і організації бізнес-процесів);
- на інформаційному рівні (за рахунок побудови та розробки єдиних баз знань та даних, засобів імпорту та експорту інформаційних моделей в різні програмні середовища та інше);
- на математичному та алгоритмічному рівнях.

Вирішення питань комплексної ув'язки між собою різних методологій, методик, інформаційного і програмного забезпечення в управлінні проектно-будівельним підприємством, а особливо в

специфічній його частині – в інженерній, нормативній та організаційно-технологічній підготовці будівельного виробництва – задача складна й трудомістка.

В той же час велика інформаційна взаємозалежність учасників життєвого циклу потребує підвищення якості їх взаємодії з урахуванням наведених вище рівнів узгодженості як існуючих програмних продуктів, так і новостворюваних. Тому спроба узагальнити деякий практичний досвід у цьому напрямку і на його основі запропонувати деякі шляхи створення та розвитку комплексних систем підготовки будівельного виробництва та управління будівництвом є актуальною.

Вирішення цієї проблеми багато в чому залежить від інтегрованого опису у вигляді ієрархічних інформаційних моделей об'єктів у будівництві та обчислення їх характеристик з використанням онтологій ПО.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Розвиток онтологічних досліджень в інформатиці здійснюється великими темпами.

Існують різні напрями онтологічних розробок та їх застосування для вирішення задач і інформаційних системах [1;3;4;7;9;12]:

- онтології в концепції Semantic Web;
- онтології для вирішення задач інформаційного пошуку;
- онтології для підвищення рівня інтегрованості інформаційних систем, що складаються з різноманітних компонент, та в яких використовуються різноманітні джерела знань та даних.

Одним з нових і перспективних застосувань онтологій є моделювання процесів [9].

Перенесення даних із однієї спеціалізованої ІТ в іншу аналогічну може бути проблемою через відмінності в форматах, синтаксисі, семантиці та прагматиці даних. Найважча проблема – семантичні відмінності між аналогічними застосуваннями, розбіжності в лексичі.

Фактично йдеться про підвищення інтероперабельності інформаційних систем і технологій. Це можливо забезпечити за рахунок створення систем з довільних неоднорідних, розподілених компонент, на основі уніфікованих інтерфейсів [2]. Інтероперабельна інформаційна система повинна складатися з компонентів, що являють собою довільні інформаційні ресурси

(програмні компоненти, бази даних, бази знань, файли даних і т.д.), які розглядаються незалежно від апаратно-програмної платформи і розміщення в просторі. Компоненти повинні мати можливість взаємодіяти, обмінюючись замовленнями (запитами) [7], а також об'єднуватися за допомогою спеціальних конфігуруючих програм («конфігураторів») [3В].

В роботі [14] існуючі у світі інформаційні системи діляться на три покоління за рівнем інтероперабельності. До першого покоління віднесені інформаційні системи з забезпеченням технічної інтероперабельності на основі локальних мереж. До другого покоління віднесені інформаційні системи, в яких основну увагу приділено узгодженню мов звертання до знань та даних і узгодженню структур інформаційних компонентів. До третього покоління віднесені інформаційні системи, в яких повинна бути забезпечена технічна, синтаксична і, особливо, семантична узгодженість компонентів, що використовуються. Підкреслимо ще раз, що задача побудови семантично інтероперабельної ІС є складною. На сьогодні існує декілька, наразі тільки рамкових, програм зі створення таких систем: Knowledge Sharing Effort (knowledge-sharing), Intelligent Integration of Information (i3), Digital Library Initiative (dli_home.html) [7].

Мета статті

В даній роботі основна увага приділена:

- постановці задачі формування ієрархічних інформаційних моделей об'єктів на прикладі предметної області будівництва;
- розробці пілотного проекту «Редактор-інтерпретатор ієрархічних інформаційних об'єктів з використанням онтологій ПО» («РІО-ПО»).

Отримані результати повинні сприяти створенню об'єднуючої онтології, інтеграції інформаційних моделей знань та даних опису будівель й будівельних процесів. різнофункціональних програмних продуктів. Кінцевою метою є підвищення рівня інтероперабельності (інтегрованості) існуючих спеціалізованих ІТ в інвестиційно-будівельному комплексі, а саме – для задач передінвестиційного аналізу та оцінки майбутніх будівель та споруд, їх подальшого детального проектування, розрахунків інвесторського кошторису та потреби в ресурсах, виконання планових розрахунків будівельними організаціями для участі в тендерах договорів

підряду та встановлення термінів будівництва, моніторингу будівництва та експлуатації готової будівельної продукції. Зауважимо, що комплекс РІО-ПО є незалежним від ПО й може бути використаним усюди, де об'єкти й процеси ПО мають ієрархічну будову, тобто їх можна представити як дерева загального виду.

Виклад основного матеріалу

Постановка задачі «Формування ієрархічних інформаційних моделей об'єктів і обчислення їх характеристик з використанням онтологій ПО».

Основні домовленості з термінології:

Словник ПО являє собою сукупність лексичних одиниць (понять), вживаних у даній ПО.

Поняття **концепту**, тобто формального аналога поняття пропонується використовувати згідно трактовки, застосованої у роботі [13]. Концепт – однозначний аналог поняття, дескриптор концепту – формальний аналог визначення поняття (або його смислу).

До умов визначення, представлення та опису концепту відносяться такі:

- концепт повинен мати формальне однозначне визначення;
- він не може бути омонімом або синонімом іншого концепту;
- концепт описує клас об'єктів/процесів ПО і має визначений перелік атрибутів;
- в моделі ПО приймемо визначення концепту як рольового фрейму, що описує тип класу.

Тезаурус — ієрархічний словник сукупності концептів (термінів), описаних з усіма потрібними атрибутами й характеристиками у вигляді дескрипторів та зв'язків між ними. Основні правила представлення та опису концептів у тезаурусі:

1. Характеристиками концепту в тезаурусі можуть бути: множина допустимих значень, формула, посилання на зовнішнє джерело даних.
2. Тезаурус має структуру: <термін> <опис концепту>.
3. Тезаурус підтримує ієрархічні зв'язки між концептами — таксономічні (*term is A*) й мереологічні (*term part OF*).

Ієрархічна інформаційна модель об'єкта – сукупність мереологічних дерев, що відображають об'єкт на різних рівнях таксономічного уточнення (ієрархії класів).

Формування ієрархічного інформаційного об'єкту здійснюється за допомогою двох типових

кроків: **класифікаційного уточнення і мереологічно-структурної деталізації.**

Крок класифікаційного уточнення ієрархічного інформаційного об'єкта є відображенням об'єкта на наступному нижчому таксономічному рівні, який назовемо **таксономічним спуском.**

Крок мереологічно-структурної деталізації ієрархічного об'єкта з мереологічних відношень – це заміна назви кожного атрибуту на його значення згідно його типу (табл. 1).

Таблиця 1

Тип атрибуту	Можливе значення	Примітки

Реалізація розробки пілотного проекту «Редактор-інтерпретатор ієрархічних інформаційних об'єктів з використанням онтологій ПО» («РІО-ПО») в наведеній вище постановці здійснюється в такій структурі функцій.

Функції програмного комплексу «РІО-ПО»:

1. Формування словника ПО
2. Формування тезауруса
3. Створення ієрархічного інформаційного об'єкта (в діалозі або автоматично)
4. Редагування об'єкта в діалозі
5. Обчислення вторинних показників об'єкта (показники, які обчислюються з атрибутів, що мають скалярні значення, або з інших вторинних показників)

Склад і структура програмного комплексу «РІО-ПО» наведені на рис. 1.

Структури даних

Стаття словника має таку структуру:

1. Тег видимості (поле з ознакою видимості запису).
2. Поняття (слово або словосполучення з лексики ПО).
3. Тип поняття (Т – однозначний термін, С – синонім терміна, О – омонімічне поняття).
4. Визначення поняття «неструктурований текст».

Якийсь із синонімів вибирають як основний термін. Він стає концептом у тезауусі. Для омоніму експерт вибирає основне значення для тезаууса, інші значення відкидає. Таким чином, тезауус містить тільки однозначні терміни.

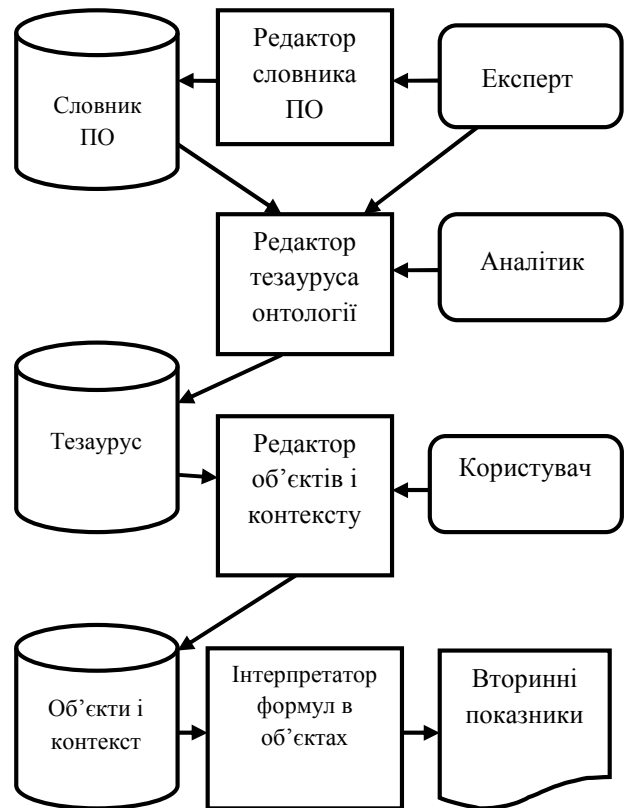


Рис. 1. Принципова схема програмного комплексу «Редактор-інтерпретатор ієрархічних інформаційних об'єктів з використанням онтологій ПО»

Статтю тезаууса для концепту можна представити у вигляді рольового фрейму:

(ім'я концепту <термін>; предок <термін-предок>; нащадки <список термінів-нащадків>; <роль 1> <тип атр 1>; <роль 2> <тип атр 2>; ... <роль N> <тип атр N>; [коментар <текст_комент>])

Тут обов'язкові фіксовані ролі атрибутів: термін, предок, нащадки, необов'язковий коментар, довільні <роль 1> ... <роль N>.

Кожен тип атрибуту позначається терміном, який вказує на тип атрибуту. Для скалярних атрибутів є можливість задати формулу для обчислення будь-якого початкового або остаточного значення. Аргументами формули можуть бути значення інших атрибутів або робочих змінних у контексті, тобто посилання на якісь значення.

Контекст – це сукупність (список) робочих змінних, які можуть приймати значення:

- атрибутів об'єктів;
- зовнішніх даних;
- результатів посилань на віддалені дані та ін.

Робочі змінні також можуть містити формули для обчислень (вторинні показники).

Ієрархічна інформаційна модель об'єкта – це дерево, вузли якого є значеннями атрибутів концептів згідно тезауруса. Він створюється шляхом ієрархічної мереологічної декомпозиції початкового кореневого значення. Структура кожного вузла аналогічна структурі відповідного концепту, але замість терміну-типу кожного атрибуту підставляється його значення, яке в свою чергу може бути деталізоване відповідно до свого типу.

Алгоритми

Редактор словника – це редактор таблиці:

Тег	Поняття	Тип	Визначення

Тег приймає два значення: відмічений і невідмічений для відображення тільки потрібних статей словника.

Поняття – слово або словосполучення

Поле Тип: приймає значення типу поняття: к – концепт, с – синонім, о – омонім.

Алгоритм очевидний: За командою задається режим відображення – або всі записи, або відмічені.

Редактор тезауруса

Необхідні три вікна: для словника (аналогічно редактору словника, але без редагування), вікно для тезауруса з тегами відміченості (всі статті тезауруса без редагування) і вікно однієї статті тезауруса для поточного концепту.

Вікно словника

Тег	Поняття	Тип	Визначення

Вікно тезауруса

Тег	Термін	Роль	Кратність	Формула

Вікно концепту

Заголовок до таблиці

Поточний термін	Таксономічний шлях концепту	Мереологічний шлях концепту

Список нащадків у вигляді: терміни;

Тіло таблиці

Тип атрибуту	Роль атрибуту	Кратність значення	Формула обчислення атрибуту

Послідовність дій:

1. Відмічаються потрібні статті словника
2. Відмічаються потрібні готові статті тезауруса
3. Заповнюються поля поточного концепту

Редактор об'єкта

Алгоритм:

1. Створюється об'єкт (рольовий фрейм) відповідного типу найвищого таксономічного рівня з невизначеними значеннями атрибутів.

2. Кожен невизначений атрибут згідно його типу (дескриптора) або деталізується (якщо він структурного типу), або йому задається конкретне скалярне значення.

Цей крок повторюється на одному й тому ж таксономічному рівні без переходу на нижчі таксономічні класи модельованої системи, поки потрібна мереологічна декомпозиція.

3. Усі типи атрибутів цього об'єкта таксономічно уточнюються з успадкуванням для переходу на нижчий таксономічний рівень. При цьому можливий випадок, коли мереологічна структура нижчого рівня не узгоджується з концептом-предком. Тоді цей об'єкт формується заново.

Далі кроки 2-3 повторюються, поки не будуть задані всі скалярні значення в об'єкті.

Вікна редактора об'єктів

<Поточний термін>	<Мереологічний шлях>	ієрархічний

<>

№ п/п	Роль	Тип	Значення										
	<Роль>	<структурний тип>	<структурне значення>▼										
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Роль</th> <th>Тип</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Роль	Тип								
Роль	Тип												

Програмний комплекс складається з таких елементів:

1. Модуль ведення словника ПО
2. Модуль ведення тезауруса
3. Редактори словника й тезауруса
4. Редактори об'єктів і контексту

5. Модуль збереження ієрархічних інформаційних об'єктів і контексту
6. Інтерпретатор об'єктів з використанням контексту
7. Модуль інтерпретації формул в об'єктах (їх дескрипторах)

Висновки

Запропоновано концепцію побудови ієрархічних інформаційних моделей об'єктів і процесів з використанням онтологій функціональних предметних областей інвестиційно-будівельного комплексу з метою підвищення рівня інтероперабельності сучасних комп'ютерних інформаційних систем (КІС) будівельних підприємств.

Здійснено постановку задачі побудови ієрархічних інформаційних моделей об'єктів і обчислення їх характеристик.

Запропоновано алгоритм спільного покрокового спуску за таксономічним та мереологічним онтологічним деревами ієрархії будівельних об'єктів і процесів.

Розроблено пілотний проект створення програмного продукту «Редактор-інтерпретатор ієрархічних інформаційних об'єктів з використанням онтологій ПО» («РІО-ПО»).

На кафедрі ІТ КНУБА ведуться пошукові розробки варіантів реалізації цього проекту.

Список літератури

1. Артемьева И.Л. Интеграция онтологий, знаний и программных систем для сложно структурированной предметной области. Труды Четвертой международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления». Москва, 27-29 октября 2008, 1161-1170 с.
2. Брюхов Д.О., Интероперабельные информационные системы: архитектуры и технологии. / Брюхов Д.О., Задорожний В.И., Калиниченко Л.А., Куршов М.Ю., Шумилов С.С. // СУБД. Москва, 1995, №4. – С.86-113.
3. Гаврилова Т.А., Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский, Учебник для вузов. – СПб: Изд-во “Питер”, 2000.
4. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Основы методологии формирования тезаурусів з використанням онтологічного та мереологічного аналізу // Штучний інтелект, №4, 2008. – 53 с.
5. Задоров В.Б. Про один підхід до створення технології попереднього системного проектування КІС підприємств // Управління розвитком складних систем. – 2010. – Вип. 01. – С. 56 – 83.

6. Задоров В.Б. К развитию концепции «конфигураторов» для построения архитектуры информационных технологий организационных антропогенных систем / В.Б. Задоров, О.О. Васильев // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 06. – С. 107 – 116.

7. Кеберле Н.Г. Огляд сучасних систем інтеграції неоднорідних баз даних і знань. Вісник Львівського університету. Серія прикладна математика та інформатика. – 2002. – Вип.4. Львів, С 163 -172

8. Лычкина Н.Н. "Интегрированный многофункциональный комплекс имитационных моделей для стратегического и тактического управления деятельностью предприятий", – М.: МГУ, 2010

9. Межуев В.И. Использование онтологий как моделей предметных областей / В.И. Межуев // «Искусственный интеллект» № 4, 2009

10. Палагін О.В., Розвиток та порівняльні характеристики логіко-онтологічних формальних теорій / О.В. Палагін, М.Г. Петренко, А.В. Михайлюк /- К.: Математичні машини і системи, 2007, № 23.

11. Рубаишкин В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. – М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат.лит., 1989. – 192 с.

12. Соловьев В.Д., Добров Б.В., Иванов В.В. Онтологии и тезаурусы. – Казань, 2006.-157 с.

13. Соломоник А.М. Синтаксис в знаковых системах. Язык науки. – Минск: МЕТ, 2007. – С 207 – 245.

14. Sheth A.P. Changing Focus on Interoperability in Information Systems: from System, Syntax, Structure to Semantics. In: Interoperating Geographic Information Systems. Goodchild M.F., Egenhofer M.J., Fegeas R. and Kottman C.A. (eds.). Kluwer. 1998.

Стаття надійшла до редколегії 20.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.В. Кошкін, Національний університет кораблебудування, Миколаїв.