

## ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ БАЗИ КАРТОГРАФІЧНИХ ДАНИХ ГІС ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

*Васюхін М.І., Ткаченко О.М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,*

*Касім А.М., Іваник Ю.Ю., Долинний В.В.*

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, м. Київ*

*Останньою тенденцією в сфері прогресивних інформаційних технологій при розробці геоінформаційних систем різного призначення є впровадження комп'ютерної онтології як специфікації концептуалізації заданої предметної області. Придатність використання інформаційної онтології, яка залежить від цілей її створення, тобто завдань, під час вирішення яких планується її застосовувати, зумовлена необхідністю структурування великого обсягу інформації.*

*У статті запропоновано онтологічний підхід до побудови бази картографічних даних геоінформаційної системи прецизійного землеробства, який дасть змогу спростити її структуру та процес формування запиту до неї, скоротити час відповіді системи, при цьому не зменшуючи інформаційне навантаження та розміри масиву картографічних даних. Представлено формалізований опис концептуальної частини бази картографічних даних у вигляді онтологічної моделі, яка об'єднує три онтологічні підмоделі картографічних даних – тематичну, графічну і просторову – і яка виступає посередником між людино- і машинно-орієнтованим рівнями подання картографічної інформації.*

*Ключові слова:* онтологія, база даних, геоінформаційна система, онтологічна модель даних, прецизійне землеробство, картографічна інформація.

**Вступ.** Сьогодні у нашій країні особливої актуальності набуває проблема інформатизації та ефективності управління у сільському господарстві, а отже підвищення рентабельності та продуктивності аграрного сектору економіки. У таких країнах, як США, Канада, ФРН та Великобританія, ця проблема успішно вирішується за допомогою технологій прецизійного землеробства, одним з яких є геоінформаційні системи (ГІС) як інструмент достовірного моніторингу та оперативного управління станом сільсько-господарських угідь. Основна функція ГІС для прецизійного землеробства (ПЗ) – введення, обробка, зберігання і виведення за запитами оператора різноманітних картографічних даних і спеціальних відомостей про певну місцевість та динамічні рухомі об'єкти, що здійснюють поточну господарську діяльність. Така інформація повинна бути закладена в базах картографічних даних (БКД), що можливо лише тоді, коли вони побудовані з урахуванням методів цифрової картографії, а також у базах символічних даних, що містять актуальну просторово-часову інформацію про стан рухомих об'єктів.

**Постановка проблеми.** Процес проектування БКД являє собою складний процес опису елементів предметної області (ПрО), їх зв'язків та інтерпретації або візуалізації на екрані оператора геоінформаційної системи:

«ПрО» <-> «Схема внутрішньої моделі БКД».

Результати аналізу показали, що великі масиви графічної інформації зручно структурувати та моделювати за допомогою системного підходу В. М. Глушкова [1], його модифікації – структурно-функціонального підходу [2] та інформаційно-структурного способу [3].

Для побудови БКД за допомогою цих методів використовувався вітчизняний формат зберігання даних Ф1, а також його наступні модифікації (Ф20 й F20S) [2]. Перевагою цього формату є відносна простота і наочність, можливість формувати записи та зв'язки самому розробнику. Проте його суттєвим недоліком є надмірність даних та їх великий розмір, а головним є те, що цей формат базується на представленні форми Землі у вигляді еліпсоїда Красовського, який, згідно новітніх космічних досліджень, втратив свою актуальність. Незважаючи на істотну економію обчислювальних ресурсів, яка досягається в його модифікованих варіантах, використання зазначених форматів зберігання породжує

бази, що представляють собою величезні масиви, які містять велику надлишковість даних, що призводить до значних часових витрат на пошук, обробку і відображення необхідної картографічної інформації [2, 4–6].

На сьогоднішній день удосконалення механізмів пошуку за ключовими словами і формальних мов запитів не рятує від високого рівня інформаційного шуму і неповноти одержуваних результатів [7]. Ідеальним рішенням було б формулювання запитів на природній мові. Однак прийнятних методів, що реалізують такий підхід, у даний час немає. Використання онтології дозволяє точніше інтерпретувати зміст термінів, що фігурують у запиті, а також доповнювати або розширювати запит поняттями, які пов'язані з термінами запиту відношеннями рід-вид, синонім, частина-ціле, асоціація та ін. (рис. 1).

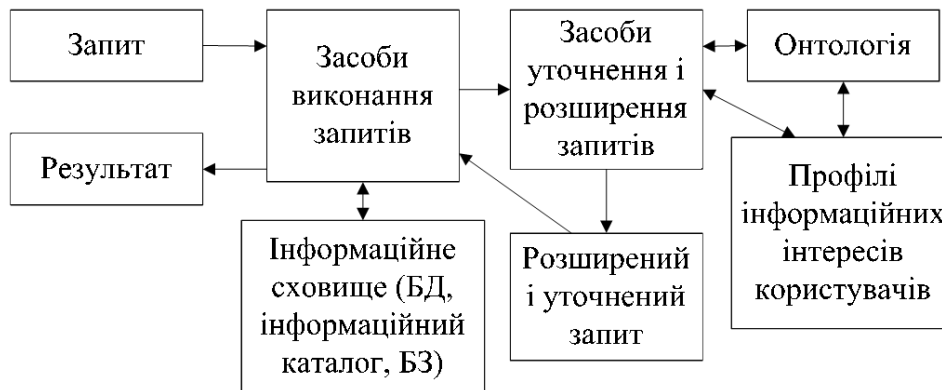


Рис. 1 – Використання онтології для організації ефективного пошуку в інформаційному сховищі

З іншого боку, в сучасних інформаційно-пошукових системах і пошукових машинах Internet онтології використовуються для уточнення сенсу запитів шляхом «фільтрації» їх змісту, що сприяє зменшенню інформаційного шуму [7]. При цьому застосовуються процедури формування так званих профілів інформаційних інтересів користувачів і процедури семантичного перетину запиту або інформації, приготовленої до видачі, з цими профілями. У першому випадку семантичне подання запиту, розширене за допомогою онтології, зіставляється з профілем інформаційних інтересів, «фільтрується» і передається пошуковій машині, а у другому випадку «фільтрації» піддається не запит, а результат його виконання, тобто знайдена по ньому інформація.

**Метою статті** є розробка онтологічної моделі бази картографічних даних для ГІС прецизійного землеробства.

**Основний зміст.** Для розв'язання задачі формування концептуальних «прозорих» подань для слабоструктурованих предметних областей застосовуються онтології як провідна парадигма структурування інформаційних потоків. Оскільки поняття онтології запозичене із філософії, то дуже важливо дати його чітке визначення у сфері технічних наук. Можна сказати, що онтологія – формальний явний опис понять (класів) в аналізованій предметній області, властивостей кожного поняття, що описують різні характерні атрибути поняття (слотів), і обмежень, накладених на слоти (фацетів). Онтологія разом з набором індивідуальних примірників класів утворює базу знань (БЗ). Насправді, важко визначити, де закінчується онтологія і починається БЗ. Онтологія включає формулювання основних понять ПрО і відношення між ними, що дає можливість їх подальшої машинної інтерпретації. Різні дослідники формулюють свої часткові визначення онтології ПрО, відповідно до конкретної області їх професійних інтересів [8, 9]. Тематика і практична спрямованість наших досліджень (онтологія як засіб моделювання ГІС ПЗ) зумовлює наступне визначення комп'ютерної онтології. Комп'ютерна онтологія ПрО ГІС ПЗ – це ієрархічна структура кінцевої множини понять, що описують геоінформаційну систему ПЗ та охоплюють просторові, графічні і семантичні аспекти БКД і динамічних сцен поточної обстановки у спостережуваній частині простору (для останніх також враховується часовий аспект).

Класи об'єктів онтології в середовищі ГІС відповідають прошкам тематичної карти, рис. 2, а самі інформаційні об'єкти, що входять до відповідного класу, – об'єктам прошарку. Завдяки об'єднанню різних типів баз даних в онтології атрибути об'єктів можуть бути представлені не лише у табличному вигляді, а й у текстовому, а також у вигляді гіперпосилань на розподілені в мережі інформаційні ресурси.

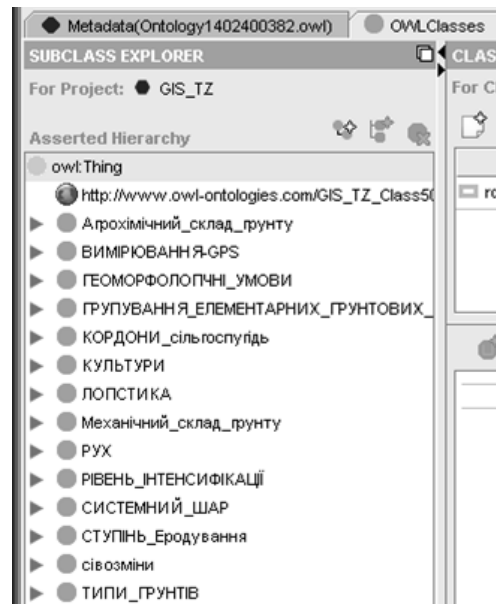


Рис. 2 – Ієрархія класів ПроО ГІС ПЗ, спроектованих в редакторі Protege

Виділені концепти БКД розміщуються у вузлах онтографа. Розташований на найвищому рівні концепт є головним і містить ідентифікатор описуваного об'єкта. Детальні властивості інформаційного об'єкта розкриваються в ієрархії описів нижчих, підлеглих концептів. Для навігації в такій деревоподібній моделі кожен концепт має ключовий слот, що однозначно визначає шлях доступу до його даних.

На першому рівні розташований головний концепт, що містить ідентифікатор картографічного зображення визначеного району (модельованої території), який визначає вид карти, її масштаб і тип картографічної проекції. Концепти другого рівня визначають розбивку карти заданого району на планшети по складових міні-районів. Кожен планшет розкривається на третьому рівні у вигляді сукупності концептів, що представляють різні прошарки опису його міні-району по класах картографічних об'єктів. У середині кожного прошарку визначаються картографічні об'єкти за видами описуваних компонентів, при чому певні прошарки опису можуть включати сукупність концептів четвертого рівня, які, в свою чергу, представлені своїми компонентами. На п'ятому рівні розташовуються концепти, які безпосередньо описують просторові характеристики конкретних компонентів у кожному мікрорайоні, при цьому у кожному такому концепті виділяється два типи слотів: метричні і семантичні. Перший тип представляє координати точок, ліній чи площ, які задають просторові характеристики описуваного компонента, а другий тип – змістовний опис цього компонента.

Відомо, що онтологію  $O$  як формальний опис деякої предметної області, незалежно від її дійсної природи, можна подати у вигляді:

$$O = \langle X, R, F \rangle,$$

де  $X$  – кінцева множина концептів (термінів, понять, квантів знань) заданої ПроО, при цьому  $X \neq \emptyset$ ;  $R$  – кінцева множина відношень між концептами;  $F$  – множина функцій інтерпретації, заданих на концептах чи відношеннях.

Схема взаємодії цих множин та функціонування БКД, побудованої за допомогою онтологічного підходу, подана на рис. 3.

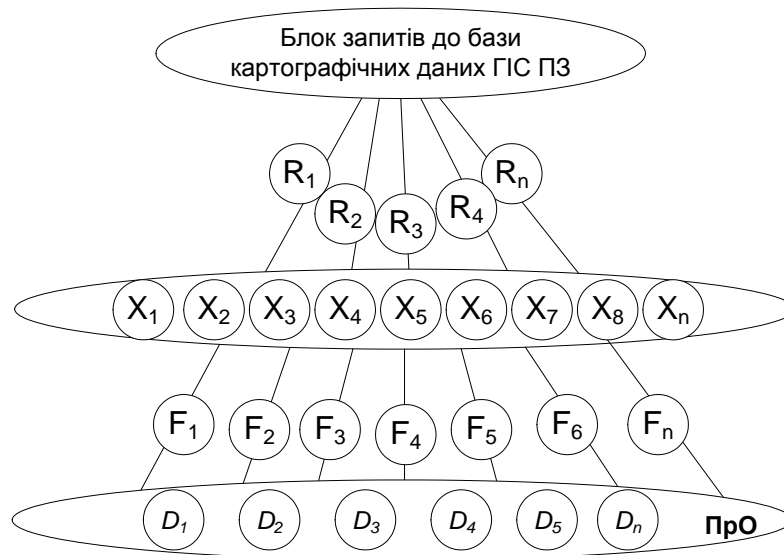


Рис. 3 – Схема запитів до ПрО при онтологічному підході

Множина концептів ПрО  $X$  групується у вигляді підмножини:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_q\}, \quad q = 1, 2, \dots, Q$$

за родовидовою та іншими ознаками.

Отже, нехай  $\epsilon$  – множина об'єктів, що виділяються у складі зображення кадру динамічного сценарію з точки зору інформаційного змісту, характеру обробки і візуалізації [3, 10, 11]:

$$X = \{x_i / i \in I\},$$

де  $x_i$  –  $i$ -й об'єкт;  $I$  – множина індексів об'єктів. При цьому кожен елемент множини описується у вигляді деякого кортежу:

$$x_i = \langle d_{i_1}, d_{i_2}, \dots, d_{i_n} \rangle; \quad d_{i_1} \in \text{Dom}(A_{i_1}), \quad d_{i_2} \in \text{Dom}(A_{i_2}), \dots; \quad d_{i_n} \in \text{Dom}(A_{i_n}),$$

де  $d_{i_n}$  –  $n$ -й елемент кортежу, значення якого описує  $i$ -й примірник множини об'єктів  $X$ ;  $A_{i_n}$  – ім'я атрибута, який відповідає  $n$ -му елементу кортежу;  $\text{Dom}(A_{i_n})$  – область значень атрибута з ім'ям  $A_{i_n}$ .

Причому, в моделі прийнято, що атрибути відповідно до виділених класів можуть бути трьох типів тематичні, графічні та просторові [3, 10, 11]:

$$\begin{aligned} At^T &= \{(A_i^T, \text{Dom}(A_i^T)) \mid i \in I\}, \\ At^G &= \{(A_j^G, \text{Dom}(A_j^G)) \mid j \in J\}, \\ At^P &= \{(A_k^P, \text{Dom}(A_k^P)) \mid k \in K\}. \end{aligned}$$

де:  $A_i^T$  –  $i$ -е ім'я множини тематичних атрибутів  $At^T$ ;  $A_j^G$  –  $j$ -е ім'я множини графічних атрибутів  $At^G$ ;  $A_k^P$  –  $k$ -е ім'я множини просторових атрибутів  $At^P$ ;  $I, J, K$  – відповідно множина індексів тематичних, графічних і просторових атрибутів.

З позиції системно-онтологічного підходу зображення кадру динамічного сценарію є інтерпретацією множини  $X$  і представляє сукупність множин даних, різних за своєю фізичною природою і функціональним значенням. Відповідно до цього, можна записати:

$$f_{\text{тип}} : X \rightarrow \text{Тип},$$

де  $\text{Тип}$  – множина типів даних,  $f_{\text{тип}}$  – відображення (інтерпретація).

Так, для статичної картографічної інформації та динамічної інформації, що використовується для подання об'єкта, що постійно змінює своє місцезнаходження, в БД можна виділити три категорії даних:

$$\text{Тип} = \{\text{typ}_h \mid h = 1, 3\}.$$

Тоді, виходячи зі сказаного, можна записати:

$$X = \{TO, GO, PO\},$$

де  $TO$ ,  $GO$ ,  $PO$  – відповідно набори класів тематичних, графічних і просторових об'єктів.

При цьому кожен суміжний клас розбиття  $X$  описується своєю підмножиною атрибутів, які не перетинаються між собою:

$$At^T \cap At^G \cap At^P = \emptyset.$$

Зв'язки та розподіл класів об'єктів у множини графічних, тематичних і просторових даних вважаємо онтологічною множиною відношень  $R$  між концептами  $X$ .

Розглянемо картографічні взаємозв'язки між елементами тематичної, графічної і просторової моделей даних. Введення зв'язків між тематичними і просторовими даними дозволяє: по-перше, здійснити строгу прив'язку всіх  $TO$  до світової системи координат, по-друге, описавши масштабні зв'язки між  $TO$  і  $PO$ , здійснювати логічне масштабування автоматично, по-третє, за допомогою цих зв'язків узагальнити  $TO$  по зонах, що, на нашу думку, підвищить швидкість вибірки графічних даних при побудові картографічного зображення, що складається із зон. Крім того, зв'язок між тематичною та графічною моделями дозволить враховувати особливості візуальних характеристик картографічних даних для кожного масштабу.

Таким чином, онтологічна модель бази картографічних даних може бути представлена у наступному вигляді [3, 10, 11]:

$$O^{MDB} = \langle O^T, O^G, O^P, H^O, R, At^R, H^R, H^{RA}, f_O^{H^O}, f_R^H, f_{RA}^H, f_C^C \rangle,$$

де  $O^T, O^G, O^P$  – онтології відповідно тематичних, графічних і просторових картографічних даних;  $H^O$  – власні характеристики онтологічної моделі БКД, що включають, наприклад, тип проєкції, тип карти, масштаби тощо;  $R$  – сукупність картографічних зв'язків між тематичними, просторовими і графічними даними;  $At^R$  – атрибути картографічних зв'язків;  $H^R, H^{RA}$  – набори інтегральних характеристик, відповідно до картографічних зв'язків та їх атрибутів;  $f_O^{H^O}$  – відображення, що задає характеристики онтологічної моделі;  $f_R^H, f_{RA}^H$  – відображення, що визначають взаємозв'язки між картографічними зв'язками, їх атрибутами і відповідними конкретними наборами інтегральних характеристик;  $f_C^C$  – відображення, що визначає співвідношення між класами об'єктів, що присутні в картографічних зв'язках.

Модель бази картографічних даних, побудована на основі онтологічного підходу, базується на представленій диференціації опису об'єктів, що дозволяє уявити процес онтологічного проєктування ПрО у вигляді композиції результатів проєктування окремих підобластей. У цьому випадку процес проєктування бази картографічних даних є сукупністю оптимізаційних підпроцесів проєктування по кожній онтологічній моделі даних, що визначаються як виділені підобласті. Оптимальне рішення шукається на основі локальної оптимізації, що призводить до підвищення якості організації бази картографічних даних, онтологічна модель якої об'єднує три онтологічні підмоделі картографічних даних: тематичну, графічну і просторову.

**Висновки.** Запропоновано онтологічний підхід до побудови бази картографічних даних, який дасть змогу спростити її структуру та процес формування запиту до неї, скоротити час відповіді системи, при цьому не зменшуючи інформаційне навантаження та розміри масиву картографічних даних. Представлено формальний опис концептів бази картографічних даних і відношень між ними як композиція онтологій тематичних, графічних та просторових картографічних даних. Очікувані перспективи від використання запропонованої онтологічної моделі можна розділити на наступні категорії:

- поліпшення взаємодії розробників та програмних агентів ГІС ПЗ;
- уніфікація обміну картографічними даними;
- формалізація процесів специфікації, підвищення надійності і забезпечення багаторазовості використання концептуалізації Про ГІС ПЗ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Глушков В. М. Введение в АСУ / В. М. Глушков. – К. : Техника, 1974. – 319 с.
2. Васюхин М. И. Основы интерактивных навигационно-управляющих геоинформационных систем : монография / М. И. Васюхин. – К. : Лира-К, 2006. – 536 с.
3. Креденцар С. М. Методы и средства построения зрительных образов динамической обстановки в аэронавигационных геоинформационных системах реального времени : дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Креденцар Светлана Максимовна. – К., 2010. – 217 с.
4. Гинзбург В. М. Формирование и обработка изображений в реальном времени: Методы быстрого сканирования / В. М. Гинзбург. – М. : Радио и связь, 1986. – 232 с.
5. Демьяненко В. Ю. Программные средства создания и ведения баз данных / В. Ю. Демьяненко. – М. : Финансы и статистика, 1984. – 127 с.
6. Тиори Т. Проектирование структур баз данных / Т. Тиори, Дж. Фрай. – М. : Мир, 1985. – 320 с.
7. Башмаков А. И. Интеллектуальные информационные технологии : учеб. пособие / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
8. Палагин А. В. Системная интеграция средств компьютерной техники : монография / А. В. Палагин, Ю. С. Яковлев. – Винница : «Універсум-Вінниця», 2005. – 680 с.
9. Палагин А. В. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний : монография / А. В. Палагин, С. Л. Крытый, Н. Г. Петренко. – Луганск : изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 324 с.
10. Касім А. М. Методи та засоби формування динамічних сценаріїв в навігаційно-керувальних комплексах : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Касім Аніса Мохаммадівна. – К., 2013. – 217 с.
11. Капштык О. И. Методы и технологические средства представления и анализа воздушной обстановки в геоинформационных системах оперативного управления : дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Капштык Олег Иванович. – К., 2010. – 228 с.

**Васюхин М.И., Ткаченко А.Н., Касим А.М., Иваник Ю.Ю., Долинный В.В. ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ БАЗЫ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГИС ПРЕЦИЗИОННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

*Последней тенденцией в сфере прогрессивных информационных технологий при разработке геоинформационных систем различного назначения является внедрение компьютерной онтологии как спецификации концептуализации заданной предметной области. Пригодность использования информационной онтологии, которая зависит от целей ее создания, то есть задач, при решении которых планируется ее применять, обусловлена необходимостью структурирования большого объема информации.*

*В статье предложен онтологический подход к построению базы картографических данных геоинформационной системы прецизионного земледелия, который позволит упростить ее структуру и процесс формирования запроса к ней, сократить время ответа системы, при этом не уменьшая информационную нагрузку и размеры массива картографических данных. Представлено*

*формализованное описание концептуальной части базы картографических данных в виде онтологической модели, которая объединяет три онтологические подмодели картографических данных – тематическую, графическую и пространственную – и которая выступает посредником между человеко- и машинно-ориентированным уровнями представления картографической информации.*

**Ключевые слова:** онтология, база данных, геоинформационная система, онтологическая модель данных, прецизионное земледелие, картографическая информация.

**Vasukhin M.I., Tkachenko O.M., Kasim A.M., Ivanyk I.I., Dolinniy V.V.** THE ONTOLOGICAL APPROACH TO THE CONSTRUCTION OF MAP DATABASE OF GIS FOR PRECISION FARMING

*The latest trend in the field of advanced information technology at the design stage of geoinformational systems for different purposes is the introduction of computer ontology as a specification of conceptualization of a given domain. The suitability of the use of information ontology, which depends on the objectives of its creation, that is, tasks, at the decision of which it is planned to apply it, is determined by the necessity of structuring a large amount of information.*

*The article suggests the ontological approach to the construction of map database of geographic information system for precision agriculture, which will give the opportunity to simplify its structure and process of forming a query to it, to reduce the response time of the system, without reducing the information overload and the dimensions of the mapping data array. The formalized description of conceptual framework of cartographic data is presented as ontological model that unites three ontological submodels of cartographic data – thematic, graphic and spatial –and which mediates between human- and machine-oriented representation levels of map information.*

**Keywords:** ontology, database, geographic information system, ontological data model, precision farming, mapping information.

© Васюхін М.І., Ткаченко О.М., Касім А.М., Іваник Ю.Ю., Долинний В.В.

Статтю прийнято  
до редакції 21.06.14