

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

A. Qasem

ARCHITECTURE OF ONTOLOGICAL SOFTWARE MODULE FOR KNOWLEDGE-ORIENTED GEOINFORMATION SYSTEM OF SMART AGRICULTURE

Client-server architecture of one of the main components of knowledge-oriented GIS of smart agriculture-ontological software module that provides solving new classes of problems is developed.

Key words: knowledge base, smart farming, modularity, ontology, hierarchical structure.

Разработана клиент-серверная архитектура одного из основных компонентов знание-ориентированной ГИС смарт земледелия – онтологического программного модуля, обеспечивающего решение новых классов задач.

Ключевые слова: база знаний, смарт земледелие, модульность, онтология, иерархическая структура.

Розроблено клієнт-серверну архітектуру одного з основних компонентів знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства – онтологічного програмного модуля, за рахунок якого забезпечується розв'язання нових класів задач.

Ключові слова: база знань, смарт землеробство, модульність, онтологія, ієрархічна структура.

© А.М. Касім, 2016

УДК 004.9

А.М. КАСІМ

АРХІТЕКТУРА ОНТОЛОГІЧНОГО ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНОЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СМАРТ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Вступ. На сьогодні існує велика кількість інформаційних систем, розроблених для розв'язання низки задач прецизійного (високоточного) землеробства. Як правило, більшість подібних програмних систем орієнтована на задачі одного класу. Однак серед них є й такі [1, 2], що використовують гетерогенні бази даних (БД), які включають значення різноманітних характеристик базових і тематичних картографічних об'єктів, а також динамічних параметрів різнотипних рухомих об'єктів, задіяних в агротехнологічному процесі. Інформація для змістовного наповнення цих БД здобувається сучасними засобами геоінформаційних і супутникових технологій. Акумуляовані в зазначених БД фактичні відомості використовуються різними категоріями користувачів під час автоматизованого розв'язання прикладних задач даної галузі.

Подальший розвиток ідей точного землеробства втілюється в смарт (розумному) землеробстві, що потребує створення і реалізації інтелектуальних систем, заснованих на знаннях, які б дозволяли при вирішенні задач використовувати змінювані (динамічні) знання даної предметної області (ПрО). Важливим компонентом окреслених смарт систем є база знань (БЗ), представлена у вигляді онтології, що містить, окрім ієрархії об'єктів-понять і їх відношень, ще й екземпляри об'єктів. Інтелектуальні системи мають істотну перевагу перед програмними системами інших класів, оскільки дають можливість розширювати БЗ,

не змінюючи ядро програмної системи, охоплюючи нові розділи ПрО і нові класи задач. Для створення знання-орієнтованих інформаційних систем необхідний теоретичний фундамент у вигляді моделей онтологій ПрО.

Роль онтології у побудові бази знань знання-орієнтованої системи.

У загальному вигляді комп'ютерну онтологію визначають як БЗ спеціального виду, що представляє задану формальною мовою знання про ПрО (домен, середовище, світ). Невід'ємним атрибутом онтології є непорожня множина концептів, що характеризують визначену область інтересів. Найчастіше ця множина виражається за допомогою концептуалізації – визначення базових і утилітарних об'єктів (процесів, атрибутів) і відношень між ними. Кожна БЗ, а відтак система, що базується на знаннях, агент знань прямо або побічно використовують концептуалізацію. Онтології дозволяють формувати моделі ПрО, інтегруючи декларативні описи та визначення, у тому числі тексти на предметній мові експертів.

Під формальною моделлю [1–4] комп'ютерно-інтерпретованої онтології O розуміється впорядкована трійка вигляду

$$O = \langle C, R, F \rangle, \quad (1)$$

де C – скінченна множина концептів (понять, термінів, квантів знань) ПрО, яку задає онтологія O ; R – скінченна множина відношень між визначеними концептами заданої ПрО; F – скінченна множина функцій інтерпретації (аксіоматизація), заданих на концептах чи відношеннях онтології O .

Інтерпретація як логічний прийом по встановленню значення термінологічних виразів концепції, гарантує її несуперечливість, але не забезпечує змістовної істинності цієї концепції. Тому модель (1) розширюють до четвірки за рахунок введення окремого додаткового компонента $A(D, R_s)$, що тлумачиться так: A – скінченна множина аксіом, які використовуються для запису завжди істинних висловлювань (визначень і обмежень); D – множина додаткових визначень понять; R_s – множина обмежень, що скорочують область дії понятійних структур.

В рамках даного дослідження предметна онтологія розглядається як сукупність: класів, що описують поняття ПрО; відношень, що виникають між сутностями (екземплярами класів); слотів, які фіксують різні властивості та атрибути класів, і обмежень, накладених на слоти або відношення. Виходячи з вищевикладеного, розробка онтології для знання-орієнтованої геоінформаційної системи (ГІС) смарт землеробства має включати в себе визначення класів і відношень, створення ієрархії класів (клас – підклас), визначення слотів і опис їх допустимих значень, накладення обмежень на зв'язування конкретних сутностей відношеннями заданого типу з метою контролю рівня залежності (слабка, сильна) між об'єктами. Більше про онтологію цієї ПрО можна знайти в [2].

Модульна організація багаторівневої онтології ГІС смарт землеробства.

У роботі пропонується будувати багаторівневу онтологію ПрО ГІС смарт землеробства за модульним принципом. Кожен модуль онтології визначає пов'язані між собою терміни, які належать до одного тематичного розділу даної ПрО. Водночас час окремих модулів багаторівневої онтології утворює систему взаємопов'язаних понять ПрО, яка може використовуватися при визначенні інших

систем понять тієї самої ПрО. Це зумовлює побудову онтології наступного рівня з онтології попереднього рівня. Онтологія високого рівня визначає всі множини термінів, які існують в ПрО, і задає властивості термінів з цих множин.

Групування онтології з тематичних модулів дозволяє отримати структурований опис онтології заданої складної ПрО. Звідси випливає, що інтелектуальні програмні системи, які розробляються на основі розділених на модулі багаторівневих онтологій та їх моделей, набувають нових властивостей.

Зручність використання модульної архітектури багаторівневої онтології полягає у можливості зміни (оновлення, заміни) модуля пов'язаних класів-понять без необхідності зміни іншої частини системи понять. Крім того, додавання нових класів-понять, які семантично чи функціонально не пов'язані з існуючими модулями, відбувається за допомогою приєднання нових модулів. Додавання нових розділів ПрО також зводиться до внесення нових модулів у відповідну онтологію. Модульність онтології ПрО тягне за собою модульність знань ПрО. Причому одному модулю онтології може відповідати один модуль знань цієї ПрО [5]. Така властивість онтології дозволяє створювати інтелектуальні системи, в яких можуть динамічно і незалежно змінюватися як знання, так і онтології.

Визначення проблем, пов'язаних з розробленням онтологічного модуля.

Розробка знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства породжує ряд проблем. Першою проблемою є визначення способів інтеграції знань різних розділів (модулів) всередині однієї програмної системи. Використання онтології ПрО для розробки програмної системи такого типу дозволяє вирішити дану проблему в силу того, що онтологія структурує знання різних модулів. Це дозволяє інтегрувати знання різних модулів у рамках однієї системи понять [3, 5].

Друга проблема полягає в тому, що системи понять, які використовуються в різних модулях, відрізняються одна від одної. Тому потрібні способи інтеграції вже цих систем понять (онтологій). Дослідження показали [3, 5], що інтеграція онтологій може виконуватися в термінах інших систем понять, які визначаються онтологіями верхніх рівнів і успадковуються онтологіями нижчих рівнів.

Суть третьої проблеми в тому, що знання-орієнтована ГІС смарт землеробства має забезпечувати спільне і водночас розподілене створення та редагування онтологій і знань відповідними категоріями користувачів, тобто має задовольняти вимогам веб-орієнтованої системи.

Клієнт-серверна архітектура онтологічного програмного модуля для знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства.

Онтологічний модуль ГІС смарт землеробства є її інтелектуальною частиною. Він має склад і структуру, які забезпечують інтелектуалізацію функціоналу системи, а його архітектура реалізована за прототипом системи, описаної в [5].

Архітектура онтологічного програмного модуля для знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства складається з рівня представлення й рівня об'єднаних логіки і даних, рисунок, та включає наступні програмні компоненти [6, 7]: сервер, який виконує запити клієнта; клієнт, що надає інтерфейс користувача, який надсилає запити до сервера і отримує відповіді від нього; мережне комунікаційне програмне забезпечення, що здійснює взаємодію між клієнтом і сервером.

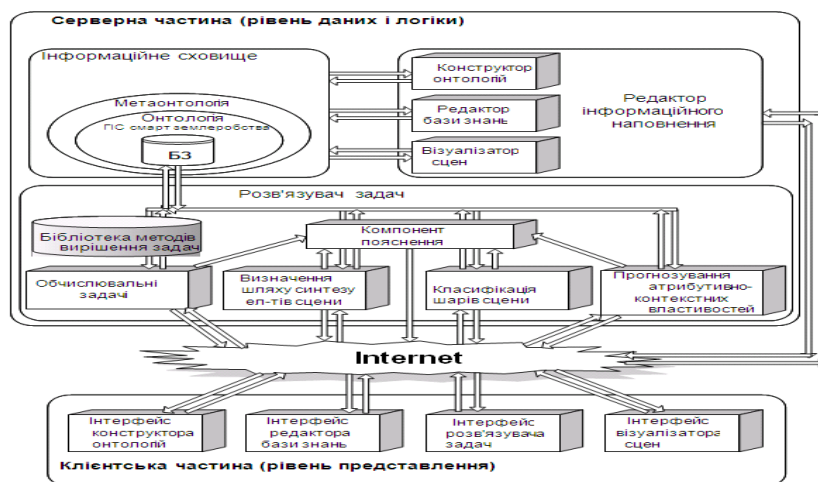


РИСУНОК. Компоненти клієнт-серверної архітектури онтологічного програмного модуля у складі знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства

Серверна частина запропонованого онтологічного модуля, яка реалізує рівень даних і логіки, складається з інформаційного сховища і програмного наповнення. *Інформаційне сховище* містить базову метаонтологію, модулі предметної онтології, об'єднані в єдину багаторівневу онтологію, та організовані в базу знання даної ПрО, що можуть виражатися в термінах інших моделей представлення знань, наприклад, продукційного типу. Останні задають правила, які використовуються бібліотекою методів вирішення задач. *Програмне наповнення* включає, поряд з редакторами та візуалізатором онтологій і знань, програмний блок для розв'язання різних інтелектуальних задач. В свою чергу, **клієнтська частина** («тонкий клієнт» або термінал), яка підключена до єдиного сервера додатків та інформаційного сховища і реалізує рівень представлення, містить інтерфейси: конструктора онтологій, редактора БЗ, візуалізатора сцен і розв'язувача задач. При цьому рівень представлення не має прямих зв'язків з інформаційним сховищем (за вимогами безпеки), не навантажений основною бізнес-логікою (за вимогами масштабованості) і не зберігає стан додатка (за вимогами надійності).

Основний режим роботи системи передбачає наявність Інтернет-з'єднання. У цьому випадку немає необхідності в інсталяції додаткового програмного забезпечення на робочому комп'ютері користувача, оскільки запропонована система має веб-інтерфейс, що відображається у вікні браузера.

За аналогією з системами, що реалізують механізми міркування (експертні системи, інтелектуальні роботи, системи керування та ін.), створення знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства припускає реалізацію *засобів формування пояснень* на базі онтологічного підходу [8], що дозволяє істотно знизити рівень помилок, спричинених людським фактором. При прийнятті рішення і при поясненні має враховуватися семантика як окремих термінів, так і складених з них висловлювань та їх композицій.

Інформаційне наповнення використовується розв'язувачем задач знання-орієнтованої ГІС, який дозволяє вирішувати основні класи задач, відображені у відповідних блоках на рисунку. Специфікація кожної задачі визначає вхідні й вихідні параметри задачі та їх зв'язки з термінами онтології ПрО. Метод розв'язання задачі будується на основі онтологічних угод, зафіксованих онтологією, які визначають зв'язок вхідних і вихідних даних задачі.

Ряд прикладних задач ПрО смарт землеробства зводяться до завдань пошуку й вилучення інформації з БЗ. Організація ефективного пошуку в БЗ також вимагає використання онтології, яка дозволяє точніше інтерпретувати зміст термінів, що присутні в запиті, з можливістю доповнювати або розширювати запит поняттями, які пов'язані з термінами запиту різними відношеннями. Більше того, залучення у процес пошуку онтології для уточнення семантики запитів шляхом «фільтрації» їх змісту сприяє зменшенню інформаційного шуму [2, 8].

Висновки. Включення до складу знання-орієнтованої ГІС смарт землеробства онтологічного модуля, побудованого на базі розробленої архітектури, не лише забезпечить змістовний доступ користувачів до різнорідних джерел інформації, а й дозволить з урахуванням семантики даної предметної області розв'язувати нові класи задач за рахунок використання композиції онтологій різного рівня, як по вертикалі, так і по горизонталі.

1. *Васюхін М.І., Ткаченко О.М., Касім А.М., Іваник Ю.Ю., Долинний В.В., Шелухін А.М.* Підходи побудови геоінформаційної навігаційної системи прецизійного землеробства. *Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика (SLA-2014): зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф.* Херсон: ХДМА, 2014. С. 23–27.
2. *Васюхін М.І., Ткаченко О.М., Касім А.М., Іваник Ю.Ю., Долинний В.В.* Онтологічний підхід до побудови бази картографічних даних ГІС прецизійного землеробства. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії.* 2014. № 2 (11). С. 228–234.
3. *Палагин А.В., Крывый С.Л., Петренко Н.Г., Величко В.Ю.* Знание-ориентированные информационные системы с обработкой естественно-языковых объектов: онтологический подход. *УСум.* 2010. № 4. С. 3–14.
4. *Palagin O.V., Qasem A.M., Tkachenko O.M., Kasim M.M.* Information support for software projects of multidomain geoinformation systems using ontologies, agent-based and calcs technologies. *Proceedings IX annual scientific conference «Information technology and automation – 2016»* (Odessa, October 11-14, 2016). Одеса: ОНАХТ, 2016. С. 22–24.
5. *Артемяева И.Л., Рештаненко Н.В.* Специализированный компьютерный банк знаний предметной области «Химия». *Искусственный интеллект.* 2004. № 4. С. 235–245.
6. *Касім А.М., Касім М.М.* Стратегії організації клієнт-серверної взаємодії у web-орієнтованих геоінформаційних системах. *Зб. матеріалів IV наук.-практ. конф. «Глушковські читання», 02 грудня 2015р.* – К.: Вид-во «Політехніка», 2015. С. 73–75.
7. *Касім А.М., Касім М.М.* Трирівнева архітектура web-базованої геоінформаційної системи відображення різнотипних рухомих об'єктів. *Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: тези доповідей VIII Міжнар. наук.-практ. конф.* (21–23 вересня 2016). Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. С. 149–151.
8. *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Интеллектуальные информационные технологии: учеб. Пособие: А.И. Башмаков. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 304 с.

Одержано 07.11.2016