

В.В. Приходнюк, О.Є. Стрижак

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ

ОНТОЛОГІЧНА ГІС, ЯК ЗАСІБ ВПОРЯДКУВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Розглядаються множинні характеристики геопросторової інформації та геоінформаційних систем. Визначаються особливості утворень таксономічних структур на основі використання гіпервідношення множинної впорядкованості між об'єктами ГІС. Описуються правила формування онтологічної ГІС на основі безтипової множинності λ -виразів та властивості множинної впорядкованості її об'єктів. Визначено їх вплив на процеси формування різноманітних таксономічних структур і категорій онтологічної ГІС. Наводяться приклади формування онтологічної ГІС. Описуються функціональні властивості множинних характеристик онтологічних ГІС.

Ключові слова: онтологія, множинність, таксономія, ГІС, впорядкованість, гіпервідношення.

Вступ

Активні мережеві інформаційні процеси, які відображають різноманітні стани природних явищ, можуть бути представлені у вигляді взаємодії складних систем в геопросторовому середовищі. Досить часто ця взаємодія характеризується емерджентністю (англ. emergence – виникнення, поява нового) [1], тобто множинними властивостями [2; 3], якими не володіє жодна з окремих взаємодіючих між собою систем. Також ця взаємодія визначає певну множинну ієрархічних бінарних відношень, структура якої може постійно змінюватися за рахунок утворення новітніх зв'язків. Це визначається трансдисциплінарним характером власне взаємодії складових мережевих інформаційних процесів [2], що має прояв у різноманітних властивостях, що характеризують їх предметну функціональність. При дослідженні довільних інформаційних процесів формується певний інтерпретаційний простір, який описується в рамках існуючих природознавчих теорій, які відображають певні предметні області. І це ускладнює їх інтегративне вивчення та дослідження, тому що виникають технологічні проблеми, які пов'язані з інтеперабельністю, зі смисловими конфліктами між інформаційними одиницями та використанням різних стандартів представлення даних у геопросторовому середовищі.

Для інтегрованого використання геопросторової інформації необхідне встановлення формального взаємозв'язку розумінь окремих дисциплін, які визначають множинність її властивостей. Для цього треба сформулювати певні логічні мета-рамки, за допомогою яких стає можливим інтегроване використання геопросторової інформації, яка може бути інтегрована на більш високому рівні абстракції, ніж це відбувається на рівні міждисциплінарної взаємодії природничих систем.

Методологічно вказано проблему інформаційної інтегрованості частково можливо вирішити за допомогою категорії трансдисциплінарності [2; 4], яка забезпечує можливість коректного інтерпретування отриманої політематичної, екологічної інформації за рахунок множинної впорядкованості ієрархічних структур складних природничих систем.

Мережевим множинним інструментом обробки та управління геопросторовою інформацією є геоінформаційні системи – ГІС [5], засобами яких забезпечується створення різноманітних за тематикою ІТ-додатків.

Множинні характеристики ГІС

Більшість існуючих ГІС-систем будуються на основі реляційних або об'єктно-реляційних баз даних, таких, як PostgreSQL (з розширенням PostGIS) [5]. Такі бази даних можуть бути представленими в табличному вигляді тим чи іншим чином, а таблиці, в свою чергу, згідно [6] можна з допомогою формалізованої процедури перетворювати в вигляд певного графу [2; 7; 8]. Якщо на отриманий граф накласти вимоги множинного гіпервідношення бінарної впорядкованості G_r , яке має властивості ациклічності – γ , часткової впорядкованості – \tilde{p} та лінійної впорядкованості – p [2; 4], то ми отримаємо онтологічний граф (онтограф) [8–10].

Причому згідно [2; 8–11], такий онтограф може бути представлено у вигляді множинного бінарного дерева [2; 4; 8]. Тоді він також може відображати певні об'єкти ГІС, які також можуть утворювати онтологічну систему. Слід відмітити, що виконання вказаної процедури можливо при дотриманні наступних умов:

1) Шари ГІС (в тому числі групуючі шари, які являють собою набір інших шарів, а не маркерів) можна представити у вигляді множинних таксоно-

мій, що є ієрархічними представниками класів онтології [2; 11; 12].

2) Маркери можна представити об'єктами онтології, при цьому можливе гомоморфне [13] відображення: кілька маркерів можуть відображатись в один об'єкт.

3) Координати розміщення об'єктів у середовищі ГІС можна представити як їх атрибути, при цьому кожен таким чином визначений атрибут може містити список координат.

4) Всі інші геопросторові дані також можна представити як звичайні атрибути об'єктів у середовищі ГІС.

Таким чином можна побудувати відображення між існуючими ГІС і онтологічними системами. Однозначність такого відображення залежатиме від стандарту, за яким створено ГІС, і наявних засобів взаємодії з нею. Однак завдяки властивості пластичності онтологічних систем [2; 3], як правило можна вибрати таку структуру онтології, яка виключила б втрату інформації через невідповідність структур даних (хоча як правило все ще можливі втрати інформації в ході перетворення).

З технічної точки зору найважливішими є три процеси:

1) Формування онтологій на основі ГІС – для формування початкового набору даних (у випадку, якщо ГІС-система вже існує або якщо початкові дані надаються геодезистами).

2) Формування онтологій зі сторонніх джерел даних (зокрема, текстів) – у випадку, якщо ГІС ще не існує або містить не всі дані.

3) Відображення онтології у вигляді онтологічної ГІС.

Будь-яка онтологічна ГІС формується на основі структурованого представлення предметної області її застосування. Зазвичай основу структурування складають класи об'єктів, властивості яких визначають семантику предметної області. Безпосередньо властивості об'єктів дозволяють визначити множинну відношень між ними. Множинні бінарні відношення упорядкованості складають тип гіпервідношень, які мають вже названі нами властивості: ациклічності, часткової впорядкованості та лінійної впорядкованості і забезпечують формування з класів об'єктів ГІС різні таксономічні структури.

Слід зазначити, що таксономічні категорії формуються на основі виділення певної підмножини об'єктів, які мають загальну властивість, що їх усіх характеризує. Така властивість може бути унарною для кожного об'єкту, проте при визначенні зазначеного класу як складної категорії, така властивість дозволяє визначити над усіма концептами класу множинне бінарне відношення «бути елементом класу». При цьому слід зазначити, що унарна властивість, що є загальним для множини концептів

предметної області, може інтерпретуватися як ознака цих концептів або як критерій для вибору концептів даного класу.

Формування онтологічної ГІС

При формуванні онтології на основі ГІС основною проблемою є створення механізмів обробки формату експорту даних з неї. Це може бути: KML, GeoJSON, спеціалізовані REST-сервіси (наприклад, у ArcGIS [5; 14]). Для коректної побудови онтології необхідно виключити втрату даних через неповноту формату експорту.

Для формування онтології необхідні:

1) Формальний опис формату експорту.

2) Формальний опис результуючої структури онтології.

3) Механізм перетворення між форматами.

В якості прикладу можна розглянути достатньо поширений формат передачі геопросторових даних – Keyhole Markup Language (KML) [15].

KML являє собою XML-файл спеціалізованого формату, в якому шари (як звичайні, так і групуючі) представлені вузлами <Folder>, а маркери – вузлами <Placemark>. Формально ієрархію KML можна описати наступним чином:

Визначимо предикати:

$$b(x, y) = \begin{cases} 1, f_b(x, y); \\ 0, \neg f_b(x, y); \end{cases} \quad (1)$$

$$c(x, y) = \begin{cases} 1, f_c(x, y); \\ 0, \neg f_c(x, y); \end{cases} \quad (2)$$

де $f_b(x, y)$ – умова «XML-елемент x є елементом типу y »;

$f_c(x, y)$ – умова «XML-елемент x є дочірнім елементом для елемента y ».

На основі цих предикатів можна виділити множини:

Маркерів:

$$M = \{n_m \mid b(n_m, \text{"Placemark"})\}.$$

Шарів:

$$L = \{n_l \mid \exists n_m \in M, b(n_l, \text{"Folder"}) \& c(n_m, n_l)\}.$$

Групуючих шарів:

$$LG = \{n_{lg} \mid \exists n_l \in L, b(n_{lg}, \text{"Folder"}) \& c(n_m, n_{lg})\},$$

де n – XML-елементи вхідного файлу.

Результуючу структуру онтології легко сформувати на основі заданої аналогічним чином таксономії, замінивши умову «XML-елемент x є дочірнім елементом для елемента y » на «категорія чи об'єкт X належить категорії Y »:

Об'єкти:

$$O = \{n_o \mid \exists n, c(n, n_o)\}. \quad (3)$$

Категорії:
$$G = \{n_g \mid \exists n_o \in O, c(n_o, n_g)\}. \quad (4)$$

Метакатегорії:
$$MG = \{n_{mg} \mid \exists n_g \in G, c(n_g, n_{mg})\}. \quad (5)$$

Таким чином, на основі множинних гіпервідношень часткової бінарної впорядкованості може бути утворено множинне бінарне відношення частина–ціле. Це відношення є одним з типів бінарних відношень. Безпосереднє відношення частина–ціле становить основу тематичної класифікації об'єктів онтологічної ГІС. Однак, через існування об'єднання об'єктів у вигляді певних непустих таксономічних структур, які мають спільні не тільки тематичні властивості, воно може бути поширено до асоціативного на основі включення до множинних гіпервідношень впорядкованості.

Множинне бінарне відношення «частина–ціле» може бути розширено до множинного відношення «група об'єктів – об'єкт» і далі до «бути елементом класу» та/або «бути елементом категорії». Відмінність між поняттями «клас» і «категорія» полягає в повноті відображення предметної області. Поняття «категорія» досить повно відображає семантичні можливості предметної області, в той же час поняття

«клас» визначається просто відібраною множиною концептів із загальними семантичними властивостями.

Розширене множинне відношення частина–ціле не є комутативним, але воно може бути проінтерпретоване як властивість бути елементом певного класу. Причому з цих концептів, якими воно утворено, також можливе утворення впорядкованої множини, елементи якої також мають бінарну некомутативну властивість бути елементом певної онтології. На основі множинного відношення частина–ціле можуть бути утворені таксономічні структури виду (3–5).

Таксономічні структури відображають певні категорії систем знань і агрегують множини об'єктів онтологічної ГІС, які взаємодіють одна з одною. Описи вказаних таксономій, як елементів систем дисциплінарних знань, можуть бути представлені у вигляді певних множин висловлювань. Самі висловлювання описуються у вигляді предикативних виразів і приймають значення істинне (один) чи хибне (нуль).

При задані такої структури механізм перетворення буде тривіальним. Приклад такого перетворення показано на рис. 1.



Рис. 1. Приклад ГІС і фрагмент сформованої на її основі онтології

Формування онтологій зі мережевих інформаційних джерел

Онтології відіграють важливу роль у процесах формалізації концептуального відображення описів предметних областей. Однією з головних функціональних рис онтологічних систем є властивість рекурсивності [2; 7–10], яка забезпечує визначення типів об'єктів на основі процедур переходу від категорії спільності до категорії конкретного смислу

кожного об'єкту і в зворотному порядку від категорії смислу до категорії високої спільності.

Основною ідеєю побудови онтологій на основі рекурсивного комбінування різних типів є створення мовних структур, синтаксис яких дозволяє досить функціонально підтримувати взаємодії між лексичними конструкціями, що представляють певні семантичні утворення. Складністю при такому підході є синхронізація смислів різноманіття семантичних утворень, що зводиться до проблеми коректного

використання різних форматів представлення інформаційних одиниць.

Слід зазначити, що при формуванні онтології будь-якого типу її розробники найчастіше починають з лінгвістично-семантичного контент-аналізу текстів, які описують смисли семантичних утворень її предмету. Тобто тексти можна розглядати як пасивні представлення дисциплінарних знань про предмет онтологічного моделювання. А саме онтологічне моделювання розглядається як деякий процес відображення пасивного представлення стану взаємодії семантичних утворень, в активну взаємодію між ними. При розгляді великого числа фактів, що представляють множини станів взаємодії між семантичними утвореннями, виникають проблеми множинної класифікації, що тягне за собою ускладнення мовних конструкцій їх опису як композицій об'єктів онтологічної системи.

Аксіоматичне представлення множинних властивостей онтологічних систем [2; 3] забезпечує представлення всіх семантичних утворень з об'єктів формованого типу онтологічної системи у вигляді множини істинних висловлювань та/або тверджень. При цьому всі ці твердження можуть мати тривіальний вид й бути представленими тільки двома об'єктами, пов'язаними між собою бінарним відношенням часткової впорядкованості. Дане твердження також підкреслює рекурсивність властивостей онтології, тобто будь-який її об'єкт може мати складну структуру, яку завжди можна розкласти на складові тривіальні твердження, що описують його семантичні властивості.

Рекурсивність представлення семантичних утворень як множин композицій з об'єктів у вигляді істинних тверджень дозволяє застосовувати для їх опису різні за рівнем формалізації мовні моделі. Дійсно, при вирішенні конкретної задачі виконуються дії, пов'язані з аналізом вихідних даних, визначенням використовуваних в процесі її вирішення аксіом і правил-теорем, формулюванням кожного проміжного стану процесу рішення тощо. І кожен такий опис може бути представлений у вигляді конкретного висловлювання та/або твердження в термінах використовуваної для її вирішення дисциплінарної теорії [3; 7–9].

Власне конструкції, що описують стан процесу вирішення задачі у середовищі ГС, можуть бути представлені різною термінологією: природно-мовною, предикативними формулами, рівняннями різного виду і типу, графічними схемами тощо. Онтологічна система, в середовищі якої можлива реалізація такого гібридного мовного представлення сценарію знаходження рішення, повинна володіти складними засобами синхронізації синтаксичних описів як використовуваних об'єктів, так і самих

тверджень, що представляють конкретні стани вирішення задачі.

Визначимо поняття взаємодії між компонентами онтологічної системи. Під взаємодією будемо розуміти будь-яке непусте твердження, яке пов'язує конкретною дією компоненти онтологічної системи. Під дією розуміється будь-яке перетворення, пов'язане з об'єктами онтології. Прикладом може бути встановлення істинності висловлювання, побудованого з об'єктів, визначення типу відношень між ними, формулювання та/або доказ істинності певного твердження. Введене поняття взаємодії дозволяє розглянути процес синхронізації на основі виділення певних інваріантів, які певною мірою впливають на стан взаємодії онтологічних системних компонентів: концептів, їх властивостей і відношень між ними, і правил поведінки з ними в рамках певних дисциплінарних теорій. Зрозуміло, що такі інваріанти беруть безпосередню участь у взаємодії компонентів онтологічних систем.

Формування онтологічних систем можливе на основі процедур лінгвістично-семантичного контент-аналізу сильно-структурованих, слабо-структурованих і неструктурованих інформаційних джерел. Створення онтологічної системи на основі сильно- і слабо-структурованих даних достатньо просте і майже аналогічне формуванню онтологій на основі ГС. Для цього необхідно:

1. формалізувати вхідний формат;
2. визначити вихідну структуру онтології;
3. побудувати механізм перетворення.

Даний процес необхідно виконувати окремо для кожного з типів вхідних даних. Значно складнішим є процес обробки неструктурованих даних, зокрема, природно-мовних текстів [2; 8–10]. Для даної задачі необхідна спеціалізована математична модель і побудований на її основі інструментарій [2; 4]. Загальна модель такого аналізу може бути представлена без типовими λ -виразами [2; 16] у наступному вигляді:

$$c_{a,b} = (\lambda x, y, t(x, y))a, b \equiv \langle a, b \rangle \in LP, \quad (6)$$

$$r_{a,b,c} = (\lambda x, y, z, t(x, y, z))a, b, c \equiv \langle a, b, c \rangle \in LS, \quad (7)$$

$$\text{rul} = c_{x_1 p_1} \& c_{x_2 p_2} \& \dots \& c_{x_n p_n} \& r_{x_1 x_2 k_{12}} \& \dots \& r_{x_{n-1} x_n k_{n-1n}}. \quad (8)$$

Задаються предикати ідентифікації лексем і зв'язків між лексемами, з яких формуються правила. З вхідного тексту вибираються підмножини лексем, до яких застосовуються ці правила. Ті підмножини, що відповідають правилу, містять необхідну інформацію, яка і використовуються для формування елементів онтології.

Основною складністю при цьому є механізм формування таких правил. Практично єдиним механізмом є створення їх вручну в ході аналізу тестових

прикладів. При цьому оператор порівнює вхідний текст і результати аналізу, визначає елементи даних, що не були ідентифіковані або були ідентифіковані неправильно, і модифікує множину правил відповідним чином – додає нові правила для не ідентифікованих елементів даних або додаткові ідентифікуючі предикати тим правилам, що захоплюють не зв'язані з ними елементи даних.

Предикативне представлення відношення частина–ціле таксономічних структур виду (3–5) має властивість індуктивності. Тобто можна сформулювати певне рекурсивне предикативне правило, яке повністю описує процес формування таксономічних структур. Це має свій вигляд за умови існування таксономії, яке дозволяє визначити ряд їх конструктивних властивостей, як впорядкованих множинних бінарних структур. Зазначена індуктивність накладає ряд умов на вхідні-вихідні стани онтологічних ГІС, які описуються у вигляді онтологій на основі об'єктів, що формують таксономічну структуру виду (3–5). Оскільки вхідно-вихідні стани онтологічної системи визначають стійкість формування їх таксономічних структур, то регулювати їх взаємодію на підсистемному рівні можливо за дотримання ряду умов. Ці умови визначаються типом множинних відношень бінарної впорядкованості і забезпечують незалежність власне таксономії від послідовності контекстів об'єктів індуктивного вибору. В складних онтологічних ГІС, як складних системах,

виділяють наступні умови стійкості – успадкування, незалежність від не включених до таксономії об'єктів, узгодженість.

Вказані властивості таксономічних структур дозволяють певною мірою проінтерпретувати інтуїтивні міркування при виборі конкретних властивостей об'єктів, на підставі яких реалізується вибір переваг по їх включенню в таксономічну структуру онтологічної ГІС. Так умова успадкування забезпечує включення об'єктів, що мають еквівалентні властивості-критерії. Умова незалежності дозволяє задати набір аксіом для онтології, що виключають виникнення протиріч при виборі. Умова узгодженості забезпечує коректність розбиття множини об'єктів предметної області ІТ-додатків онтологічної ГІС на класи. При цьому завжди забезпечується формування класу функцій, що визначають досить повно множинність бінарних відношень впорядкованості. Більше того, можна стверджувати, що умови стійкості: успадкування, незалежність від не включених до таксономії об'єктів та узгодженість досить точно визначають саму систему формування таксономії виду (3-5), що утворюють онтологічну ГІС.

Такий процес має інтерактивний характер, тому що потребує на кожному кроці визначення значень істинності для кожної бінарної пари виразів: (1; 2; 6; 7). Тому у середовищі онтологічної ГІС він представлений у вигляді спеціалізованого інтерфейсу, приклад якого показано на рис. 2.

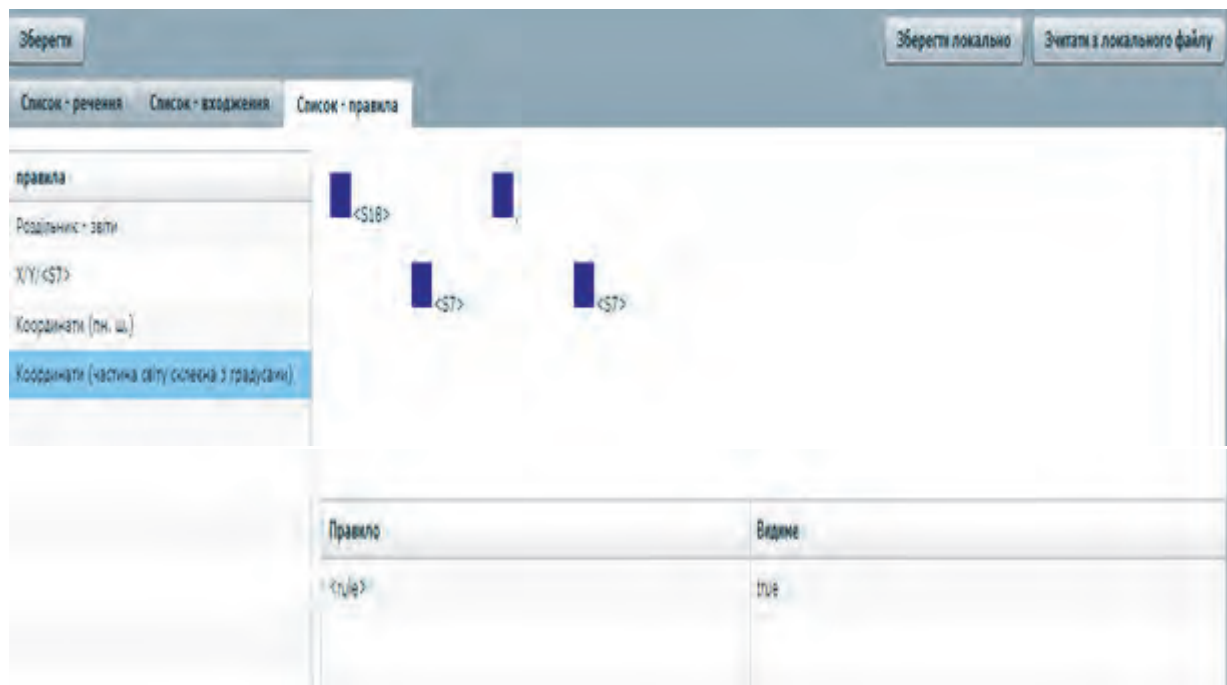


Рис. 2. Інтерфейс керування правилами виділення інформації

Відображення онтології як ГІС

Об'єкти онтології мають гіпервластивість множинної безтипності, яка задає часткову впорядкованість її об'єктів. Тому, залежно від їх бінарних

властивостей, до них можуть бути або не бути застосовними певні функції відображення. Для онтологічної ГІС, однією з основних функцій, інтерпретуючих властивість часткової бінарної впорядкованості,

ності [2; 4] відображення об'єктів, є їх представлення в якості маркера (або маркерів) на карті. Тому при відображенні онтології в якості ГІС першим етапом є визначення множини придатних до такого відображення об'єктів. Таку множину можна отримати, з допомогою спеціалізованого предикату geo :

$$geo(x) = \begin{cases} 1, f_{geo}(x); \\ 0, \neg f_{geo}(x), \end{cases} \quad (9)$$

де f_{geo} – умова «атрибут містить географічну інформацію».

Структура предикату залежить від множинності часткової бінарної впорядкованості об'єктів, які складають конкретний тип електронної карти, що використовується для побудови ГІС. В загальному випадку достатньо визначати, чи є поточний елемент даних географічними координатами, але в

деяких випадках, якщо в наявності є достатньо ефективні засоби для геолокації, можна ускладнити предикат для ідентифікації текстової географічної інформації, зокрема адрес.

Після побудови предикату можна визначити власне множину придатних до географічного відображення вершин:

$$O_{geo} = \{o \mid \exists a \in A_o, geo(a)\}, \quad (10)$$

де o – об'єкти, що належать онтології;

a – атрибути об'єктів;

A_o – множина атрибутів, що належать об'єкту o .

Після виділення O_{geo} об'єкти даної множини можна відображувати на карті. Приклад відображення зображеної на рис. 3 онтології показано на рис. 4.

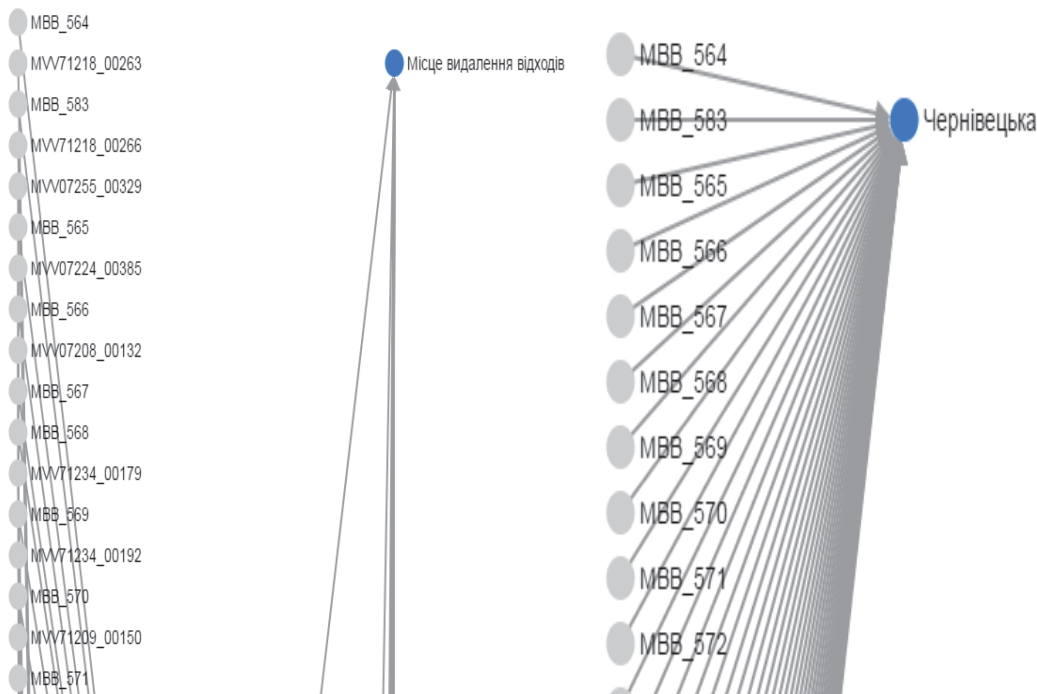


Рис. 3. Приклад онтології

Якщо над множинними об'єктами онтологічної ГІС, для яких визначено предикати виду (1; 2) задати властивості, які зв'язані між собою правилами перетворень виду (11; 12), то між контекстами, які визначають тип кожного об'єкта онтологічної ГІС, утворюються множинні бінарні відношення ациклічності і часткового порядку [17; 18]:

$$x_i^j \gamma x_1^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j \rho x_1^k, \quad (11)$$

$$x_i^j \tilde{\rho} x_1^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j \rho x_1^k. \quad (12)$$

Ці множинні відношення дозволяють формувати із усіх об'єктів та категорій предметних областей множини онтологічної ГІС, таксономії [11; 15], які визначають поверхневу структурну специфікацію

онтологічної системи. Більш того, згідно умов предикатів (1; 2; 9), на основі множини усіх бінарних пар об'єктів таксономічної структури можуть бути утворені певні тавтології [16], які визначають істинні твердження щодо тематичних властивостей об'єктів онтологічної ГІС. Практично це має вигляд певних множинних відображень контекстів цих об'єктів, в процесі їх використання при вирішенні різних практичних задач.

Так відображені таким чином маркери, які складають певну підмножину об'єктів онтологічної ГІС, є інтерактивними, і при їх активізації відображається повний зміст інформаційної картки геопросторового об'єкта (рис. 5).

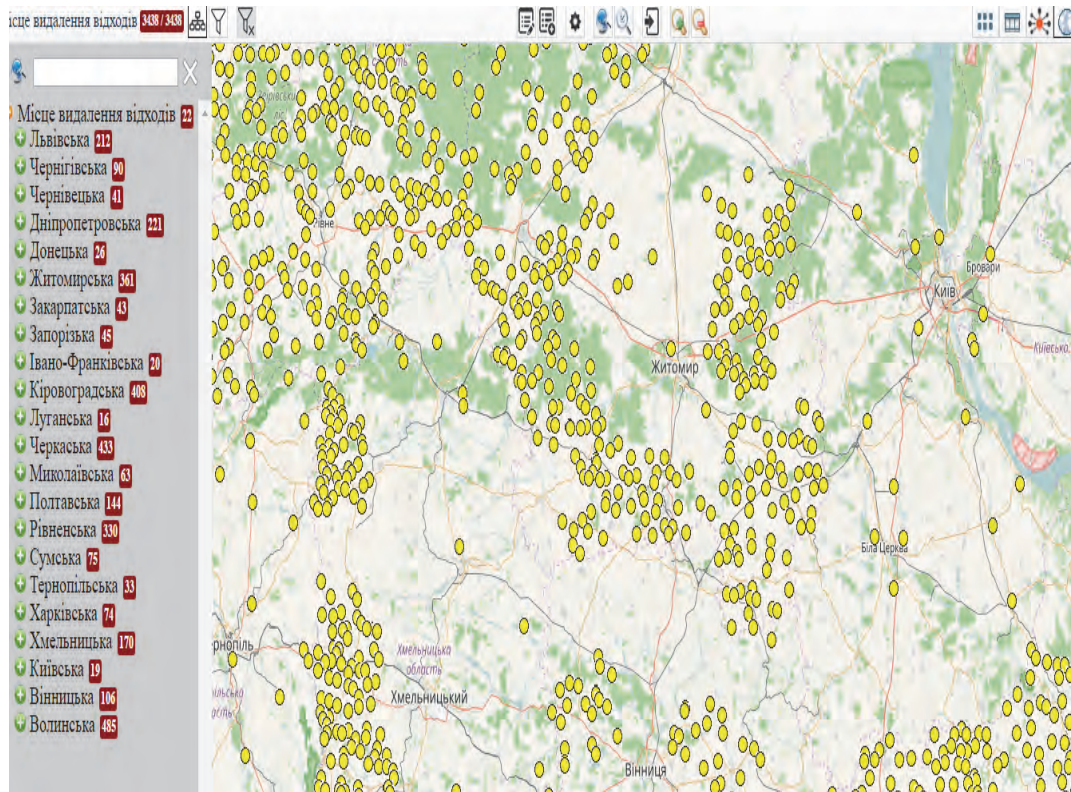


Рис. 4. Відображення онтології на карті

MVV18214_00145
Оригінал: —
Область: Житомирська
morphologic: http://www.menr.gov.ua/docs/garbage/zhytomyrska-oblast/Tab3MVV18214_00145.xls
Статус: Місце видалення відходів
Код організованого МВВ: MVV18214_00145
Реєстраційний номер МВВ, дата реєстрації: 6.16.17.02.2002
Дата останньої ревізії МВВ: 42527
Найменування МВВ, код: Сміттєзвалище Печанівської сільської ради
Місце знаходження МВВ (населений пункт, район), код КОАТУУ: с. Печанівка. Романівський район. 1821483600
Повне найменування та адреса власника МВВ, код за ЄДРПОУ: Печанівська сільська рада с. Печанівка, вул. Підкоритова. Іа. 04345304 9-75-35, 9-75-36. Pechanivka_sg@1.ua Лавринчук Василь Іванович
Режим функціонування МВВ (діюче, закрите, законсервоване): діюче
Категорія екологічної безпеки МВВ: "В" небезпечні
Характеристика МВВ (обсяг, площа, наземне, підземне): 0.136 тис.т. 0.5 га. наземне
Характеристика відходів (найменування, група, клас небезпеки): ТПВ змішаного типу, група - 77, клас небезпеки - IV
Географічна широта: 50.060419
Географічна довгота: 27.835621
Район: Романівський
КОАТУУ: 1821483600
Зона: 7
Квартал: -
Номер ділянки: -
Тип власності: комунальна
Пільове призначення: -/-

Рис. 5. Картка об'єкту MVV35252_00359

Висновки

Представлення ГІС та її додатків у вигляді онтологічної системи забезпечує визначення та виконання різних умов, щодо впорядкування геопросторової інформації в рамках вирішування різноманітних прикладних задач. Множинні характеристики, які визначаються на основі використання гіпервідношення множинної впорядкованості об'єктів ГІС та їх атрибутів, забезпечують досить конструктивне визначення та використання властивості функціональних властивостей ГІС, що дозволяє надалі реалізувати процедури, які забезпечують формування їх у вигляді мережецентричних тематичних онтологій.

Список літератури

1. *Emergence in Mind (Mind Association Occasional Series)* // Edited by Cynthia and Graham Macdonald New York: Oxford University Press, 2010. – 288 p.
2. Стрижак О.Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Стрижак Олександр Євгенійович; Нац. акад. наук України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – Київ, 2014. – 47 с.
3. Малишевский А.В. Качественные модели в теории сложных систем / А.В. Малишевский. – М.: Наука. Физматлит, 1998. – 528 с.
4. *Transdisciplinarity: Basarab Nicolescu. Talks with Russ Volckmann, Integral Review Journal*, 4, 2007. – P.76
5. *Principles of Geographic Information Systems. Rolf A. de By (ed.). Second edition.* – Enschede, The Netherlands, 2001. – 490 p.
6. Салий В.Н. Алгебраические основы теории дискретных систем / В.Н. Салий, А.М. Богомолов. – М.: Физико-математическая литература, 1997. – 386 с.
7. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
8. Гладун В.П. Процессы формирования новых знаний [Текст] / В.П. Гладун. – София: СД «Педагог 6», 1994. – 192 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. – 323 с.
10. Величко В. Автоматизированное создание тезауруса терминов предметной области для локальных поисковых систем / В. Величко, П. Волошин, С. Свитла // "Knowledge – Dialogue – Solution" International Book Series "INFORMATION SCIENCE & COMPUTING", Number 15. – FOI ITHEA Sofia, Bulgaria. - 2009. – P. 24-31.
11. Попова М.А. Онтологичний інтерфейс як засіб представлення інформаційних ресурсів в ГІС-середовищі [Текст] / М.А. Попова, О.С. Стрижак // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2013. – № 1, Том 26 (65). – С. 127-135.
12. Шаталкин А.И. Таксономия. Основания, принципы и правила [Текст] / А. И. Шаталкин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 600 с.
13. Ван-дер-Варден Б.Л. Алгебра / Б.Л. Ван-дер-Варден. – М.: Мир, 1976. – 648 с.
14. "New Esri ArcGIS Release Transforms Spatial Analytics" (Press release). – Esri. 2016-12-09.
15. "Kml reference" [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://code.google.com/apis/kml/documentation/kmlreference.html>.
16. Барендрегт Х. Лямбда-исчисление. Его синтаксис и семантика: пер. с англ. / Х. Барендрегт. – М.: Мир, 1985. – 606 с.
17. Колмогоров А.Н. Математическая логика / А.Н. Колмогоров, А.Г. Драгалін. – М.: УРСС, 2005. – 240 с.
18. Фукс Л. Частично упорядоченные алгебраические системы [Текст] / Л. Фукс. – М.: Мир, 1965. – 342 с.

Надійшла до редколегії 4.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.В. Худов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ГИС, КАК СРЕДСТВО УПОРЯДОЧИВАНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

В.В. Приходнюк, А.Е. Стрижак

Рассматриваются множественные характеристики геопространственной информации и геоинформационных систем. Определяются особенности образования таксономических структур на основе использования гиперотношения множественной упорядоченности между объектами ГИС. Описываются правила формирования онтологической ГИС на основе формирования бестиповых множественных λ -выражений и описания свойств множественной упорядоченности ее объектов. Определено их влияние на процессы формирования различных таксономических структур и категорий онтологической ГИС. Приводятся примеры формирования онтологической ГИС. Описываются функциональные свойства множественных характеристик онтологических ГИС.

Ключевые слова: онтология, множественность, таксономия, ГИС, упорядоченность, гиперотношение.

ONTOLOGICAL GIS, AS A MEANS OF ORGANIZATION OF GEOSPATIAL INFORMATION

V. Prykhodniuk, O. Stryzhak

Multiple characteristics of geospatial information and geoinformation systems are considered. Specific features of formations of taxonomic structures are determined on the basis of using the hyperrelations of multiple ordering between objects GIS. The rules for the formation of an ontological GIS based on the formation of untyped multiple λ -descriptions are described. Their influence on the formation of various taxonomic structures and categories of ontological GIS is determined. Examples of the formation of an ontological GIS are given. Functional properties of multiple characteristics of ontological GIS are described.

Keywords: ontology, multiplicity, taxonomy, GIS, order, hyperrelations.