

## Особливості формування на основі онтологій середовища інформаційно-аналітичної діяльності в адміністративному управлінні

О. В. Нестеренко, О. М. Трофимчук

*Запропоновано нову парадигму формування середовища інформаційно-аналітичної діяльності в адміністративному управлінні на основі онтологій. Показано, що застосування цього підходу дозволяє здійснити формалізацію предметної області та структурування інформації, необхідної для аналітичної діяльності. Встановлено, що застосування онтологічних описів у технологічному ланцюгу аналітичної діяльності забезпечує динамічне формування для аналітика відповідних множин критеріїв на основі використання властивостей концептів предметних областей, за якими здійснюється прийняття відповідних рішень. Зазначається, що процес розв'язання аналітичної задачі може уявляти певну послідовність упорядкованих тавтологій, кожна з яких наслідуює усі властивості концептів, які складають тавтологію, що їй безпосередньо передує. У свою чергу ця послідовність визначає множину можливих таксономій як функціональних компонентів операційного середовища інформаційно-аналітичної діяльності. Для підтримки роботи аналітика пропонується застосовування ієрархії онтологій від верхнього рівня до предметних онтологій, включаючи проміжний рівень ядра онтологій. Ядро онтологій розширюється шляхом онтологічного зв'язування класів онтологій з такими інформаційними ресурсами, як класифікатори. Коректність та адекватність такого рішення підтверджена застосуванням цієї парадигми до вирішення проблеми адміністративного моніторингу соціально-економічного розвитку регіонів країни від державного рівня до місцевого самоврядування*

*Ключові слова: інформаційно-аналітична система, орган управління, адміністративне управління, інформаційні ресурси, онтології, таксономія, класифікатор*

### 1. Вступ

У сучасних умовах інформаційно-аналітична діяльність (ІАД) в органах адміністративного управління, зокрема на державному рівні, знаходить усе більшого поширення. З одного боку, ІАД сприяє підтримці прийняття ефективних адміністративних рішень, соціо-економічне значення яких постійно зростає. З іншого боку, широке використання інформаційних технологій дозволяє створювати потужні інформаційно-аналітичні системи (ІАС), що поряд з отриманням, перетворенням і зберіганням інформації забезпечують її аналіз і аналітичну обробку.

Основною технологією аналітичної діяльності є встановлення причинно-наслідкових зв'язків між різного роду даними та їхнє дослідження під всілякими кутами зору. Тому найважливішою умовою успішної аналітичної роботи

експерта в органі управління є наявність в його розпорядженні інформаційного поля досліджуваної предметної області (ПдО). В умовах застосування ІАС це поле уявляє множину структурованих і неструктурованих інформаційних масивів (інформаційних ресурсів), потрібних для витягу з них необхідних даних, а засоби ІАС забезпечують можливість аналітику керувати процесами обробки і аналізу даних. Побудова причинно-наслідкових ланцюжків дозволяє оброблені дані перетворити в інформацію і нове знання та синтезувати відповідні рекомендації для замовника аналітики (наприклад, керівництва органу управління) [1].

Інформаційно-аналітична діяльність, зокрема з метою підтримки прийняття рішень, зазвичай має реалізуватися на основі використання певних ієрархій, що відображають властивості інформаційних процесів і ресурсів [2–5]. Від оптимального визначення та формування цих ієрархій певним чином залежить ефективність використання інформаційних ресурсів, обґрунтованість та безсторонність підготовлених аналітичних рекомендацій. Водночас необхідно зазначити, що на цей час в сфері адміністративного управління вказані технології ще не знайшли належного застосування. Це є однією з головних причин недостатнього рівня якості рішень, що врешті-решт призводить до негативних соціальних і економічних наслідків від їх імплементації.

Розвиток наукових досліджень і досвідів в сфері моделювання інформаційно-аналітичної діяльності свідчить, що одним з інструментів, який може забезпечити відображення взаємодії усіх інформаційних компонентів та допомогти досить ефективно спроектувати та реалізувати механізми управління ієрархією компонентів є онтологічна модель [3, 4]. Онтологічна модель у своїй інформаційній основі має механізм динамічного формування та використання ієрархій у вигляді певних таксономій [5]. Такий підхід до вирішення проблеми підтримки аналітичної діяльності виходить із природної здатності людей визначати події й логічно встановлювати відношення між ними. Людині властиві дві характерні ознаки аналітичного мислення – уміння спостерігати й аналізувати спостереження та здатність встановлювати відношення між спостереженнями. Оцінюючи рівень взаємозв'язків між відношеннями потім синтезувати ці відношення у загальне сприйняття спостережуваного. Застосування онтологічних описів у цьому технологічному ланцюгу забезпечує динамічне формування для аналітика відповідних множин критеріїв на основі використання властивостей концептів предметних областей, за якими здійснюється прийняття відповідних рішень. Таким чином, коректність та адекватність самого рішення значною мірою залежить від коректності і адекватності онтологічної моделі ПдО.

Разом із тим, питання використання онтологій у сфері аналітичної підтримки адміністративного управління залишається ще недостатньо розкритим. Вищевказане свідчить про актуальність проведення досліджень у вказаному напрямку.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

У світі проводиться чимало досліджень щодо створення і використання комп'ютерних онтологій, джерела яких походять ще з 90-х років минулого століття. Базою цього напрямку варто вважати роботи, присвячені застосуванню онтоло-

гій для опису організаційної структури інституцій, співвідношень між ролями та агентами, повноважень серед компонентів організації. Онтологія організації (ORG) була розроблена та стандартизована в рамках робочої групи W3C, пов'язаної з урядовими даними, і стала повноцінною міжнародною рекомендацією. Це сприяло широкому спектру реалізацій використання організаційних онтологій, наприклад, у публікаціях органограм Cabinet Office Великої Британії.

Використання організаційних онтологій як джерела структурованих знань про спеціалізацію організації та її співробітників пропонується у дослідженні [6]. При цьому як окремих випадок онтології розглядаються тезауруси, що формуються для предметної області та для співробітників (експертів). Зрозуміло, що подібна структура певним чином відображає взаємозв'язки, характеристики і параметри управлінського характеру. Однак запропонований в даній роботі підхід на основі словників термінів не враховує особливості адміністративної системи державного рівня. Це призводить до того, що при спробі його використання для підтримки управління подібними структурами виникають об'єктивні труднощі. Це накладає певні обмеження на використання запропонованих в [6] рішень. Опис таких обмежень може бути знайдено, наприклад, в роботі [7], присвяченій саме концепціям організаційного моделювання та онтологічного інжинірингу.

Подальший розвиток поглядів на організаційне моделювання показує, що для моделювання архітектури інформаційно-аналітичної системи організації (підприємства) теоретичною базою має бути комплекс формалізованих моделей предметної області та методів онтологічного інжинірингу.

У [8] запропоновано на прикладі розробки онтології виробничих ресурсів загальну формальну модель, що враховує функціональні спроможності і обмеження ресурсів, та надано докладну інформацію про зміст і структуру моделі. Зазначається, що формальні інженерні онтології стають популярними рішеннями для вирішення проблеми семантичної сумісності в гетерогенних середовищах, адже онтології відіграють ключову роль, забезпечуючи загальний машинно-зрозумілий словник для обміну інформацією між розосередженими суб'єктами. Викликає зацікавленість акцент на парадигмі «виробництво як послуга», яка прийнята багатьма дослідниками, що розробили різні підходи для формального опису запитів на обслуговування і пропозиції. Одним з таких підходів є створення формальної онтології предметної області для подання можливостей сервісів виробництва.

Прикладом онтологічного опису інформаційних сервісів може бути й базова онтологічна модель для керування життєвим циклом виробів, представлена у [9]. Промисловість потребує рішень для інтеперабельності між неоднорідними системами, які можуть враховувати необхідну семантику для того, щоб налагодити безперебійний, однозначний обмін інформацією даних на всьому життєвому циклі виробів. Одним з найбільш перспективних підходів до вирішення цих питань у цьому дослідженні пропонується використання онтологій, які слугують інтерлінгвальною мовою між локальними структурами даних.

Важливого значення набуло визначення основ онтологічного опису архітектури організації інформації і знань у великій корпорації [10–14]. У дослідженні [10] проводиться аналіз корпорації у двох вимірах: описовому та норма-

тивному. Описова частина основана на принципах формальних онтологій вищого рівня; нормативна вирішується через так звану соціальну онтологію. Актуальність такого аналізу ґрунтується на необхідності кращого розуміння організації, її структури і діяльності. У дослідженні [12] моделюється семантична точка зору стосовно сфери управління персоналом (HRM) у корпорації, зокрема пропонується підхід до перевірки узгодженості побудованої онтології.

У дослідженні [13] визначається, як подолати значні бар'єри, що перешкоджають більш широкому застосуванню онтологій в техніці. Ключовою перешкодою серед них є відсутність спільної онтології верхнього рівня для уніфікації та організації різних аспектів інформаційного поля та координації спільного розвитку ортогональних онтологій. Як результат, багато інженерних онтологій обмежуються сферою їх застосування, що функціонально не дозволяє розширити їх чи взаємодіяти з іншими інженерними онтологіями. У цьому дослідженні демонструється, як використання онтології вищого рівня (ОВР), зокрема базової формальної онтології (ВФО), значно полегшує взаємодію декількох інженерних онтологій.

У роботі [14] пропонується онтологічний підхід до підтримки супроводження контракту на постачання шляхом моніторингу втрати ефективності контракту з-за впливу позаконтрактних чинників. Підхід складається з онтологічних моделей та алгоритмів, орієнтованих на дані. Моделі, що базуються на онтології, не лише формально представляють поняття та взаємозв'язки між концептами, які беруть участь у прогнозуванні ефективності контракту, але й організують використання додаткових даних. До них відносяться такі, як новини, звіти про показники ринків, галузеві бази даних, що містять інформацію про чинники, що впливають на коливання позаконтрактних параметрів.

Таким чином, систематизація результатів наведених досліджень дозволяє вважати, що існуючі підходи до вирішення проблеми структуризації інформації, які відбуваються переважно у виробничій сфері, спираються на формальні онтології. Цей висновок може бути справедливим й для адміністративного (організаційного) управління. Адже публікацій стосовно використання онтологій у цій сфері практично обмаль. Очевидно, подібні підходи дозволяють знаходити прийнятні рішення тільки у тому випадку, якщо стан предметної області чітко відомий із заданим ступенем точності, а його математичний опис має бути поданим у вигляді визначених множин концептів та їх властивостей. Ця частина проблеми для сфери адміністративного управління може бути вирішеною шляхом розробки процедури формалізації предметної області та структурування інформації, що базується на онтологічній моделі.

### **3. Мета і завдання дослідження**

Метою роботи є дослідження особливостей застосування онтологічної моделі для формування середовища інформаційно-аналітичної діяльності в адміністративному управлінні.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

– дослідити особливості використання онтологічної моделі в середовищі інформаційно-аналітичної діяльності органів адміністративного управління, спираючись на математичні моделі, що описують предметну область управління;

- розробити методологію розв’язання інформаційно-аналітичних задач в адміністративному управлінні на основі онтологічної моделі;
- запропонувати схему практичної реалізації отриманих рішень на базі типових інформаційно-аналітичних задач в структурі ІАС органу адміністративного управління.

#### 4. Дослідження питання застосування онтологічної моделі в інформаційно-аналітичній діяльності в адміністративному управлінні

Діяльність в адміністративному управлінні спрямована на досягнення визначених цілей шляхом розв’язання поставлених задач. Органи адміністративного управління реалізують власні повноваження виконанням сукупності управлінських функцій у напрямку від цілепокладання до прийняття управлінських рішень, а також організацією і контролем результатів їх виконання.

Розрізняють три види адміністративно-управлінської праці – евристична, інформаційна й адміністративна (рис. 1), які в різній степені відносяться до розумової.

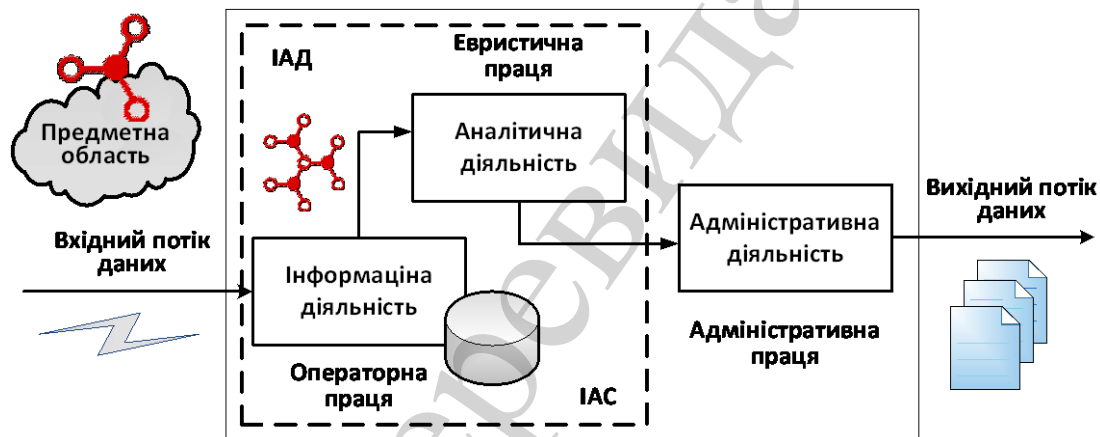


Рис. 1. Місце інформаційно-аналітичної діяльності в адміністративному управлінні

Найбільш творчий характер має аналітична діяльність, пов'язана з постановкою цілей, аналізом ситуації, пошуком шляхів розв'язання проблем. Власне вона й спрямована на розробку проекту рішення і підготовку до його прийняття. Операторна праця полягає у виконанні стереотипних операцій, потрібних у першу чергу для інформаційного забезпечення аналітичного процесу. Вона зазвичай включає операції документування, обробки інформації, обчислювальні та формально-логічні розрахунки. Ці два види діяльності в сукупності складають ту частину управлінської праці, яка відноситься до інформаційно-аналітичної і забезпечується зазвичай інформаційними технологіями.

Найбільш характерними рисами адміністративного управління є діяльність в умовах невизначеності і ризику, високої динамічності параметрів зовнішнього середовища, наявності глобальних (загальносистемних) і локальних цілей, що змінюються в процесі діяльності, інерційності і дискретності виконання управлінських рішень. При цьому предметні області управління зазвичай характеризуються великою розмірністю, складністю структури і ієрархічністю побудови,

територіальною розподіленістю, комплексністю взаємодії елементів і функціональних підсистем, що в цілому визначаються великою кількістю параметрів (показників).

Тому особливістю аналітичної діяльності в адміністративному управлінні, на відміну від багатьох інших сфер управління, є значно більший рівень неструктурованості даних, що мають оброблятися. Крім того, переважає величезна кількість джерел даних. Внаслідок цього, для підтримки діяльності аналітика, крім використання систем ведення даних, необхідно забезпечити й подання знань.

Враховуючи означений характер інформаційно-аналітичної діяльності в адміністративному управлінні, системи її підтримки повинні включати засоби, які забезпечують обробку певних суджень, висловлювань та тверджень стосовно ПдО, які несуть у собі уявлення про об'єкти предметних областей, описують конкретні процеси і можуть бути представлені певними інформаційними моделями [15]. Такі моделі мають відображати деяку сукупність знань, яка окреслює властивості об'єктів і процесів, що розглядаються, з можливістю автоматизованого міркування і обробки семантичних запитів. Складність відображення і сприйняття експертом-аналітиком властивостей та функціональності складових об'єктів та процесів впливає на якість підготовленого рішення. Відображення процесів і об'єктів ПдО на основі моделі деякого типу потребує забезпечення спільної обробки різнопланової інформації, що вимагає її взаємозв'язності, інтеграції й забезпечення взаємодії з іншими, різними за призначенням, системами.

Виходячи з цього, найбільш адекватним вбачається представлення інформаційних моделей в середовищі ІАД у вигляді певної множини онтологій [16–18]. Як відомо, кожна онтологія базується на інформаційному описі предметної області на основі об'єктно-орієнтованої процедури формалізації. Вона передбачає визначення певних концептів та їх відношень, а також описів інтерпретаційних функцій, які управляють на основі онтології процесом поставки інформаційного ресурсу на усіх етапах діяльності аналітика. Тоді деяка онтологія  $O$  у загальному випадку формально представляється впорядкованою трійкою:

$$O = (X, R, F), \quad (1)$$

де  $X$  – множина концептів;  $R$  – множина відношень між концептами;  $F$  – множина інтерпретаційних функцій.

Концепти складають кінцеву множину  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ , а множина відношень  $R$  утворюється множиною декартових добутків множини  $X$  самої на себе:  $R \subseteq X \times X$ . Можна вважати, що відношення  $R$  є інтерпретацією властивостей концептів, тобто існує перетворення, яке кожному відношенню встановлює відповідність певної властивості.

Функції інтерпретації  $F$ , які є способом змістовного тлумачення будь-якої формальної системи, складають функціональну частину ІАД.

Також необхідно зазначити, що усі непусті декартові добутки множин  $X$  і  $R$  утворюють певну підмножину тавтологій  $F_k \subset F$ . З цього витікає, що на множині  $F$  можливо задати певну множину висловлювань. Таким чином стає

очевидним, що будь яка онтологія може бути утвореною на основі певної системи висловлювань.

Онтології зазвичай містять також атрибути концептів, зокрема якщо йдеться про об'єкти ПдО. Атрибут використовується для зберігання даних, що є специфічними для об'єкта й прив'язані до нього. Кожен атрибут має принаймні ім'я й значення. Важлива роль атрибутів полягає в тому, щоб визначати залежності (відношення) між концептами.

Модель онтології також має включати аксіоми, які вводяться з метою визначення обмежень на значення атрибутів понять та аргументів відношень, для перевірки коректності інформації та ін.

На практиці зазвичай використовується розширене визначення онтологічної системи:  $O^\Sigma = O^{meta}, \{O^{da}\}$ , де  $O^{meta}$  – мета-онтологія, або онтологія верхнього рівня (top-level ontology),  $O^{da}$  – онтології предметної області (domain area oriented ontologies). В мета-онтологіях використовуються універсальні поняття і відношення, що стосуються загального напряму аналітичної діяльності в даному адміністративному органі. Ці мета-онтології орієнтовані на створення моделей предметних областей у вигляді «моделей світів» – завершених, взаємопов'язаних і взаємообумовлених систем знань. У предметно-орієнтованих онтологіях використовуються конкретні, специфічні для даної ПдО поняття і відношення. Тобто термінологічна база онтологій ПдО формується шляхом конкретизації понять, визначених у мета-онтологіях.

Розгляд граничних випадків множин  $X$ ,  $R$  і  $F$  ( $X=\emptyset$ ,  $X\neq\emptyset$ ,  $R=\emptyset$ ,  $R\neq\emptyset$ ,  $F=\emptyset$ ,  $F\neq\emptyset$ ) у комбінаціях їх значень дає різні варіанти онтологічних конструкцій, починаючи від простого словника і таксономії до формальної структури концептуальної бази знань для високоінтелектуальних знання-орієнтованих систем (так званої активної онтології).

Категорія таксономії як категорія онтологічної упорядкованості визначається, коли  $X\neq\emptyset$ ,  $R\neq\emptyset$ ,  $F=\emptyset$ . Під таксономією будемо розуміти певну множину концептів онтології, які мають бінарну властивість «порядковий», яка може інтерпретуватися наступним чином: бути наступним, бути поточним, бути найближчим. Тоді таксономія може бути створена певною непустою множиною відношень упорядкованості  $R_i$ , де  $R_i \subset R \mid R_i \neq \emptyset$ ,

$$R_i = \{t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n \mid t_i = \langle x_k \times x_m \rangle \mid x \in X, k \neq m, k \leq n, m \leq n\}, \quad (2)$$

де  $t_n$  – тавтології, що створюються властивостями концептів;  $x_k, x_m$  – концепти, що утворюють упорядковані відношення. При цьому множина  $\{x_k \times x_m\}$  має властивість асоціативності [4, 19].

Отже, під таксономією у контексті застосування множин онтологій в процесах ІАД можна розглядати певну множину концептів онтології, які завжди мають бінарне не комутативне відношення, що можливо інтерпретувати як властивість бути елементом певного класу. З цих онтологій також можливе утво-

рення упорядкованої множини, елементи якої теж мають бінарну не комутативну властивість бути елементом певної онтології.

Таким чином, усі концепти створюють за своїми властивостями множину певних класів. Усі твердження, які можуть бути сформовані з концептів, що створюють клас на основі певної означеної властивості, повинні бути тавтологіями [4].

### 5. Проблемно-орієнтована методологія розв'язання інформаційно-аналітичних задач на основі онтологічної моделі

Основною категорією, яка відноситься до аналітичного перетворення інформації з метою забезпечення процесу {дія – результат}, є поняття задачі. Розв'язання певного набору задач з набором заданих цілей забезпечує будь яка ІАС. Поняття задачі передбачає наявність проблемної ситуації і може бути представленим у вигляді кортежу  $T$  [18, 19]:

$$T \equiv \langle K, K^*, Aim \rangle, \quad (3)$$

де  $K$  – модель ПдО, яка відображає проблемну ситуацію у термінах певної онтології;  $K^*$  – кортеж станів ПдО, які актуалізуються на кожному кроці досягнення цілей,  $K^* \equiv \langle K_0, K_1, \dots, K_i, \dots, K_n \rangle$ ;  $Aim \equiv F \times R$  – набір цілей.

Тоді процес розв'язання задачі може уявляти певну послідовність упорядкованих тавтологій, кожна з яких наслідуює усі властивості концептів, які складають тавтологію, що їй безпосередньо передуює. У введеної формалізації цей процес можливо представити у наступному вигляді:

$$T \equiv \langle K, K^*, F \times R, X, R_i, F, A, (X \times R_i \times R_s, R^+ \times R_i) \rangle, \quad (4)$$

де  $A$  – множина аксіом;  $R_s$  – множина обмежень;  $R_s \equiv R^+ \times R$ ;  $R_s$  може бути розглянуте як замикання відношень  $R_i$ ;  $R^+$  – множина властивостей, які можуть характеризувати елементи множини таксономій  $R_i$ .

Тоді множину станів розв'язання задачі  $T$  можливо розглядати як послідовність упорядкованих тавтологій, які визначають множину можливих таксономій як функціональних компонентів інформаційно-аналітичної діяльності. Таким чином, тематика задач ІАС, що підтримує цю діяльність, може бути сформованою певним набором тавтологій, які народжуються на основі класів, побудованих ієрархічною структурою концептів-об'єктів.

Структура ПдО зазвичай має деяку множину властивостей, які не впливають прямо з властивостей складових її концептів-об'єктів, а є результатом взаємодії елементів на базі реалізованих відношень. Ці властивості відомі як системні (інтегральні або емерджентні). Якщо задана мета управління, відображення даної мети на множину властивостей виділяє деяку підмножину  $Aim \subset R^+$ . Саме ця підмножина властивостей дозволяє системі управління визначати рішення щодо впливу на ПдО відповідно до мети управління.



Процес розв'язання задачі починається з етапу концептуального аналізу ПдО. Якщо цей аналіз, наприклад, пов'язаний з соціально-економічним станом ПдО, на цьому етапі виконуються відображення:

$$S_M \times \mathbb{R} \times C \times S_C \xrightarrow{E_{(n)}} S_1, \quad (5)$$

$$S_1 \times \mathfrak{Z} \times S_C \xrightarrow{E_{(n)}} E_X, \quad (6)$$

$$Aim \times \Pi \xrightarrow{E_{(n)}} Q, \quad (7)$$

де  $S_1$  – множина стратегій досягнення цілей;  $Aim$  – множина цілей, що досягаються при виборі стратегій;  $\Pi$  – множина використовуваних для оцінки стану ПдО соціально-економічних показників;  $Q$  – множина критеріїв;  $\mathbb{R}$  – підмножина ресурсів на досягнення цілей, що виділяються із загальної множини доступних ресурсів;  $S_C$  – множина можливих сценаріїв поведінки зовнішнього середовища ПдО;  $S_M$  – мета-стратегії поведінки ПдО;  $\mathfrak{Z}$  – множина інтересів ПдО у зовнішньому середовищі;  $C$  – множина показників, що відображають можливості діяльності ПдО у зовнішньому середовищі;  $E_{(n)}$  – позначає, що відображення формується як результат узгодженої думки експертів-аналітиків.

Складність аналітичних задач зумовлює те, що їх розв'язання здійснюється як багатокроковий процес. На кожному кроці виконується оціночна експертна процедура вибору альтернатив  $Q^*$ , що відповідає узагальненій задачі прийняття рішень на множині критеріїв  $Q$  та може бути відображеною:

$$Q^* = \tilde{\Psi}_A \Rightarrow Q(\tau, \rho, \beta, \mathfrak{R}, C, \mathbb{Z}), \quad (8)$$

де  $\tau$  – час життєвого циклу проблемного питання;  $\rho$  – розподіл ризику за стадіями життєвого циклу;  $\beta$  – розподіл ресурсів по стадіям життєвого циклу;  $Q^* = \tilde{\Psi}_A \Rightarrow Q(\tau, \rho, \beta, \mathfrak{R}, C, \mathbb{Z})$  – загальний обсяг виділених ресурсів на вирішення проблемного питання;  $C$  – сценарії поведінки суб'єктів ПдО, пов'язаних з проблемним питанням;  $\mathbb{Z}$  – кортеж додаткових параметрів;  $\tilde{\Psi}_A$  – відповідає вибору компромісного рішення з множини альтернатив.

Отримані узагальнені теоретико-множинні моделі досягнення цілей управління дозволяють проводити аналіз завдань за умови спільності опису завдяки використанню абстрактних, найменш обмежених структур даних. Ці моделі є досить універсальним методологічним інструментом, що дозволяє з єдиних позицій розглянути роботу елементів ПдО і системи в цілому в процесі функціонування.

Але для використання таких моделей необхідним залишається вирішення проблеми подання даних, що відповідають значній кількості параметрів, які застосовуються в моделях. Потрібна ієрархічна структура скінченної множини

понять, що описують задану предметну область. Як зазначалося, цим вимогам відповідає комп'ютерна онтологія предметної області [15].

Різноманітність даних, потрібних для аналізу предметної області, вимагає використання низки предметних онтологій, що деталізують різні аспекти функціонування ПДО. Але існують бар'єри, що заважають активному розгортанню таких онтологій в адміністративному управлінні. Ключовим серед них є відсутність спільної онтології вищого рівня для уніфікації та організації різного роду аспектів інформаційного поля та координування сукупного розвитку ортогональних онтологій. Як результат, предметні онтології обмежені у своєму об'ємі, їх функціонально важко розширити або забезпечити взаємодію з іншими подібними онтологіями. З іншого боку, високо інтегрований характер онтологій в кінцевому підсумку дає виразні можливості для підтримки аналітичної діяльності.

Спільний розвиток предметних онтологій з використанням ОВР як верхньої моделі означає, що процес інтеграції полягає в імпортуванні онтологій в певне середовище, щоб дозволити їм взаємодіяти одне з одним. Для цього доцільно використовувати загальне онтологічне ядро як середній рівень між ОВР та іншими специфічними онтологіями ПДО (рис. 2). Загальне ядро – це фактично набір онтологій, що пропонує високий рівень термінологічного ресурсу для підтримки використання відповідних онтологій. Ядро може містити набір шаблонів, які можуть бути використані для розширення та формулювання нових онтологій. Повторення шаблонів дозволяє більш просте формування семантичних запитів, тому що дані, відображені в онтологіях, використовують спільні супер-властивості [20].

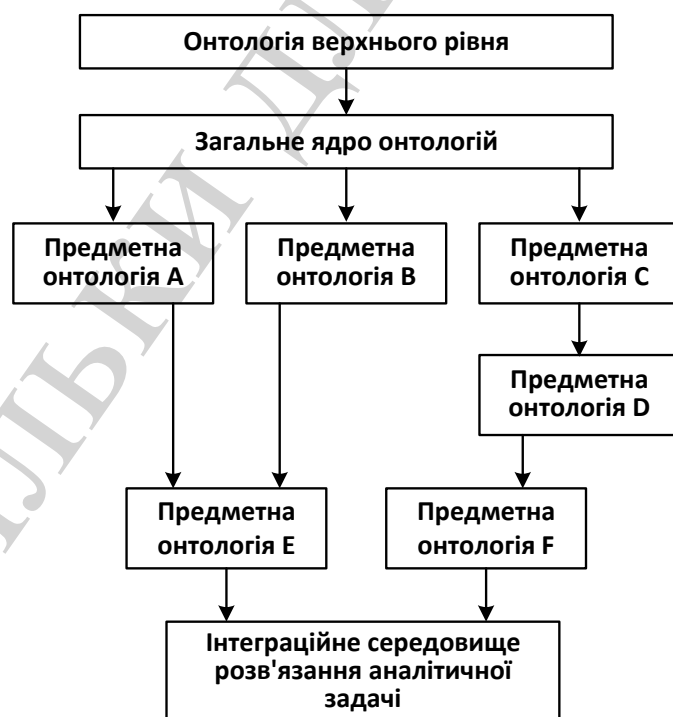


Рис. 2. Ієрархія онтологій для забезпечення аналізу предметної області

Онтологія загального ядра також може бути розширеною шляхом онтологічного зв'язування класів онтології з такими інформаційними ресурсами, як класифікатори, що зазвичай існують у всіх ІАС. Класифікатори займають особливе місце в інформаційному забезпеченні, адже вони забезпечують уніфіковане представлення даних. За допомогою класифікаторів можуть бути описані окремі сфери предметної області, тому що вони містять множину корисної структурованої інформації про об'єкти ПдО. Особливо це важливе для забезпечення етапів концептуального аналізу ПдО та експертної процедури, що описані виразами (5)–(8).

На основі тавтологій як представників класів, які формуються концептами онтологій, може бути створеною і нова система класифікації. Така система, як і будь-яка інша система, повинна представляти певну ієрархію. Кожен з її елементів, у свою чергу, має внутрішню структуру (елементи внутрішньої структури та їх зв'язки) і зв'язаний із зовнішнім середовищем.

Якщо інтерпретувати це мовою класифікацій, то внутрішня структура – це угруповання об'єктів класифікації, зв'язки внутрішньої структури – це взаємне співвідношення угруповань об'єктів класифікації, а відношення із зовнішнім середовищем – це взаємозв'язки між різними класифікаційними угрупованнями. У взаємозв'язках угруповань при цьому є два аспекти – структурний і лексико-семантичний. Перший означає входження об'єктів до класифікації на основі бінарних відношень та властивостей. Другий – формування певних множин тверджень-висловлювань, які є тавтологіями відносно проблем, що вирішуються.

Тоді завдання щодо створення системи класифікації зводиться до поєднання класифікацій на вказаних двох рівнях. При взаємодії з однорідними класифікаціями найчастіше вихідна класифікація розширюється. Це зазвичай відбувається шляхом додавання у вигляді тавтологій нових розділів, підрозділів, а також нових показників. Цим показникам присвоюються нові коди згідно з прийнятою системою кодування.

Отже такі класифікатори можливо розглядати як упорядковані множини тавтологій, на основі яких можуть бути створені таксономії онтології ПдО.

У якості прикладу практичних результатів досліджень розглянемо вирішення аналітичної задачі моніторингу соціально-економічного розвитку регіонів в країні. Таку задачу можна розглядати як типову інформаційно-аналітичну задачу в адміністративному управлінні. Первинну таксономію задачі, яка є мета-онтологією, будуть складати адміністративні одиниці – область, район, сільрада, село. Кожна з адміністративних одиниць має складну структуру, і також може бути представленою певними онтологіями. Ці одиниці мають властивість асоціативності, тобто можуть бути визначені як класи, де концептами є певні характеристики місцевості.

Мета-онтологія забезпечує подальшу паспортизацію об'єктів, зокрема в аграрному секторі країни, з метою обліку показників соціально-економічного розвитку регіонів, до яких відносяться показники техніко-економічної і соціальної інформації, доходів місцевих бюджетів, фінансового стану підприємств, інвестиційної привабливості регіону та ін. (рис. 3).

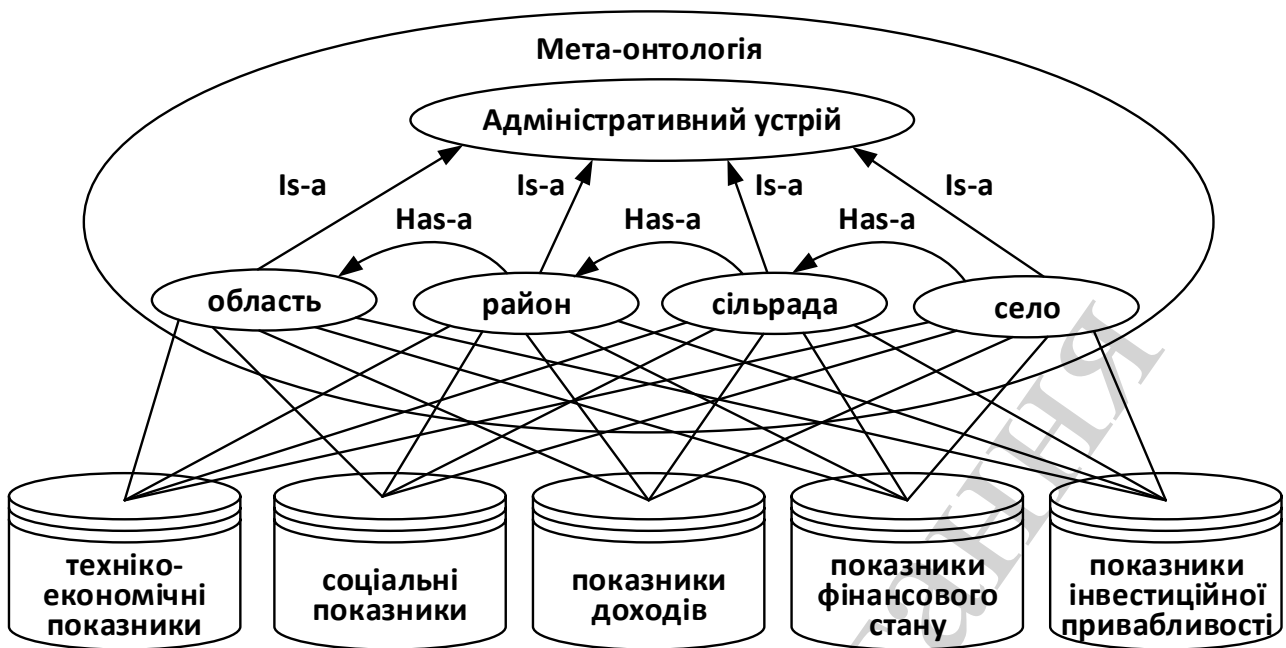


Рис. 3. Інформаційна модель паспортизації регіонів

Мета-онтологія  $O_{agr}$  ПДО може бути представленою на основі (1) у наступному вигляді:

$$O_{agr} \equiv (W, D, P, Z), R_t, F, \quad (9)$$

де  $(W, D, P, Z) \equiv X$ ,  $W$  – клас концептів обласного рівня,  $D$  – класи концептів районного рівня,  $P$  – класи концептів рівня сільради,  $Z$  – класи концептів рівня село;  $R_t$  – множина таксономічних відношень;  $F$  – множина функцій, які забезпечують розв’язання задач  $T$ .

Зрозуміло, що

$$Z \subset P \subset D \subset W. \quad (10)$$

Властивість асоціативності для класів  $W, D, P, Z$  може бути визначена на основі застосування формул (2) і (10). Комутативна діаграма онтології  $O_{agr}$  представлена на рис. 4.

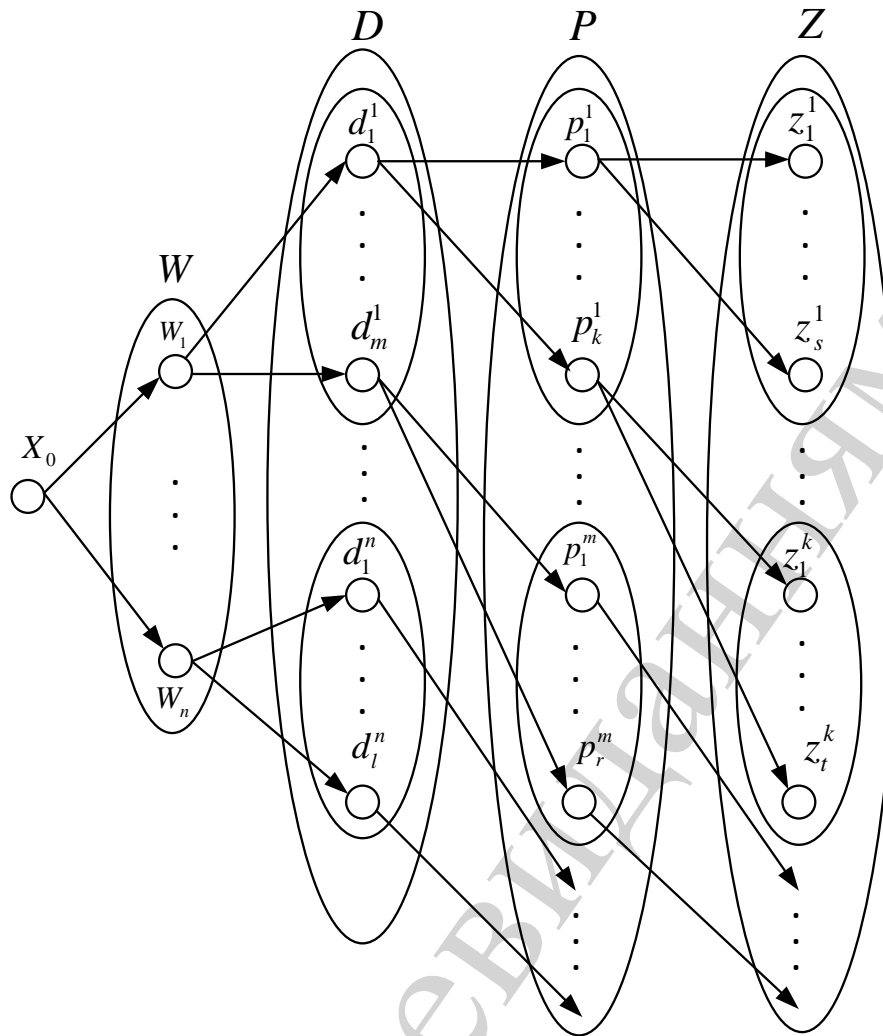


Рис. 4. Комутативна діаграма онтології адміністративних одиниць

Тоді, враховуючи (4), задачі даної ІАС можуть бути визначені у наступному загальному виді:

$$T \equiv ((W, D, P, Z), A, R_t, F, F \times R_t). \quad (11)$$

Розглядаючи процес розв'язання задач ІАС у площині використання певної сукупності знань, притягнемо положення теорії управління економікою знань [21] стосовно визначених класів ((5)–(7)). Згідно з одним з положень вказаної роботи, сума структурних чисел  $W+D+P+Z$  дає довжину шляху доступу до об'єкту. Середнє значення довжини доступу по всіх об'єктах визначає ентропію (ступінь порядку) системи об'єктів.

Таким чином, для формування онтології подібної адміністративної системи державного рівня достатньо визначення 4-х класів. Ці класи мають властивість асоціативності і тому можуть складати категорії виду, які відображено на рис. 4.

Це правило назвемо правилом структурного індексу. Мова йде про означення сукупності символів, які будемо називати структурним індексом. Ці символи суть імена концептів онтології ПдО. Структурному індексу надається знак

α – по аналогії зі знаком № як «порядковий номер» в упорядкованому переліку об'єктів, наприклад, в базі даних. (Перший рівень ієрархії складається з одного елемента і окремої позначки не потребує).

Для переліку елементів в класі потрібно більше 30 символів. Загально прийнятим для цього є поєднання цифр та літер латинського алфавіту, що застосовується, наприклад, в шістнадцятиричній системі числення або використано в роботі [18]. В ІАС, що розглядається, використовуються всі десять цифр, 26 великих та 26 маленьких літер латинського алфавіту, всього 62 символи. Для однозначності далі будемо цей називати ряд символів як «ряд 62».

Таким чином, онтології адміністративно-територіального поділу країни (множина понять предметної області) складаються з класів чотирьох рівнів ієрархії {W, D, P, Z}. Кожен з рівнів включає у себе імена об'єктів у символічному вигляді, де кожен символ може приймати певне значення з ряду 62.

Використовуючи таку систему області країни отримують структурні індекси, починаючи від α1000 і до необхідних меж.

Візьмемо для прикладу Україну, де адміністративно-територіальний поділ складається з областей, районів, сільських рад і села. Тоді, наприклад, село Гвоздів у Київській області України буде мати структурний індекс αA7C1 (рис. 5). Це означає, що село Гвоздів є першим по списку селом Гвоздівської сільської ради, яка має структурний індекс αA7C0. У свою чергу ця сільська рада є дванадцятою по списку сільських рад Васильківського району, який має структурний індекс αA700. Нарешті, вказаний район є сьомим районом по списку Київської області, яка має структурний індекс αA000.

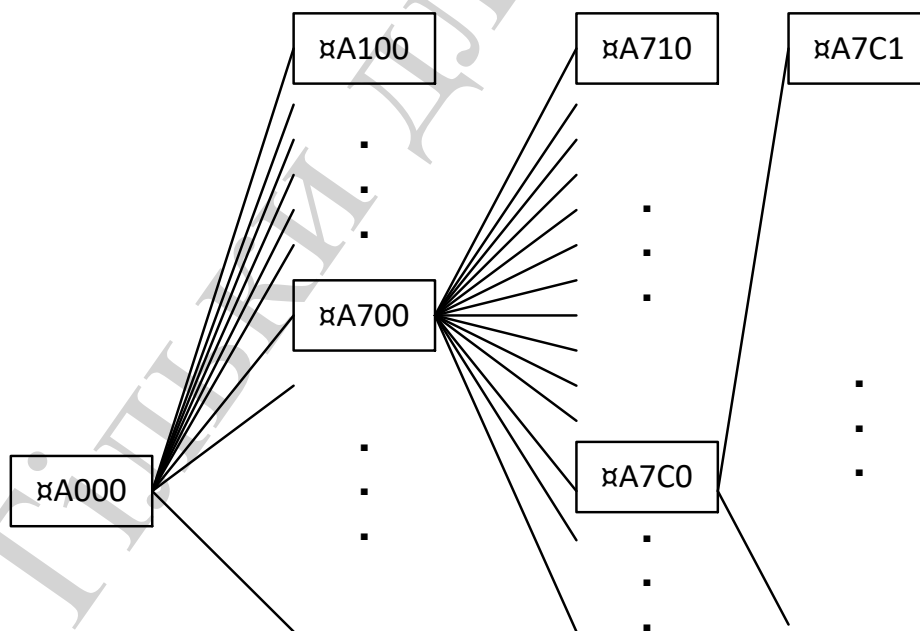


Рис. 5. Фрагмент онтографу адміністративно-територіального поділу

Таким чином забезпечується можливість числення всіх населених пунктів країни з точним вказуванням його адміністративного підпорядкування. Прик-

лад інтерфейсу ІАС паспортизації територій країни, в основу якої покладено запропоновану структуру знань, наведено на рис. 6.

Рік	Територія		A7C1
2018	Область	Київська область A000	Паспорт
Пусто	Район	Васильківський A700	Діаграма
Обрати	Рада	Гвоздівська с/р A7C0	Картогр.
Аналіз	Село	с Гвоздів A7C1	Групи

Рис. 6. Панель інформаційно-аналітичної системи паспортизації сільських територій

Особливістю онтологічної моделі, як вказувалося, є прив'язка до структури зв'язків концептів атрибутивних даних. Ця перевага дозволяє, на відміну від вирішення класичної задачі індексації даних, використовувати користувачу усю необхідну інформацію стосовно об'єкту. Доступ до подібних атрибутивних даних (паспорт об'єкту, його географічне розташування, певні соціально-економічні показники), наприклад, представлений на рис. 5 через кнопкові елементи інтерфейсу (права колонка).

Переваги такого засобу вирішення задачі паспортизації отримує й адміністратор даних ІАС. Нова модель даних значно розширює можливості системи в різних аспектах, зокрема в питанні підтримки цілісності даних, з огляду на використання історії змін, можливості працювати з різними джерелами даних. Використані при побудові моделі методики також забезпечують значне підвищення швидкодії роботи системи.

Розв'язання більш детальних аналітичних задач, пов'язаних з опрацюванням даних щодо різних показників стану регіону, забезпечується використанням онтологій предметних областей. Приклад такої онтологічної моделі у вигляді семантичної мережі для суперкласу «район» наведено на рис. 7.

Пов'язаними онтологічними системами є описи предметних областей показників стану регіонів. На рис. 6 це  $O^{\text{тек}}$  – техніко-економічні показники,  $O^{\text{соц}}$  – соціальні показники,  $O^{\text{дох}}$  – показники доходної частини,  $O^{\text{фін}}$  показники фінансового стану,  $O^{\text{інв}}$  – показники інвестиційної привабливості, тощо. Концептами онтологій названих ПдО створюються відповідні класифікації. Прикладом є класифікатор показників соціально-економічного розвитку регіонів (рис. 8).

Класифікатори призначені для ведення відповідних показників – одиниць метаданих (екземплярів), які характеризуються своєю назвою та одиницею вимірювання. Показники описують певний аспект соціально-економічного розвитку та мають чіткий ієрархічний код у класифікаторі.

Показники можуть об'єднуватись у групи показників (підкласи), які в свою чергу можуть об'єднуватись у розділи більш високого рівня (класи) і так далі (суперкласи). Кількість рівнів вкладеності може бути необмеженою.

З метою гармонізації класифікатору, що наведено, зі статистичними довідниками Європейського офісу статистики (Євростату) в моделі класифікатору врахо-

вуються дві особливості європейської статистики. По-перше, євростатистика зазвичай оперує «базовим» показником та декількома його вимірами (dimensions), які відображають певні його аспекти. Наприклад, показник «розподіл населення» може мати виміри «стать», «вік», «спосіб вимірювання» тощо. По-друге, в Європі використовується «словниковий» підхід до побудови класифікатору.



Рис. 7. Онтологічна модель у вигляді семантичної мережі для суперкласу «район»

The screenshot shows the 'Класифікатор 2.0' (Classifier 2.0) software interface. The main window displays a list of indicators with the following columns: 'Код показника' (Indicator Code), 'Назва показника' (Indicator Name), and 'Одиниці виміру' (Units of Measurement). The list includes various indicators related to energy, infrastructure, and social services, such as 'Споживання паливно-енергетичних ресурсів за видами Котельно-пічне паливо' and 'Продаж (відпуск) палива населенню Дизельне паливо'.

Код показника	Назва показника	Одиниці виміру
03.002	Споживання паливно-енергетичних ресурсів за видами Котельно-пічне паливо	т ункоє, палива
03.011	Продаж (відпуск) палива населенню Дизельне паливо	т
03.006	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Будівництво	відсотків
03.004	Продаж (відпуск) палива населенню Автомобільний бензин	т
03.014	Використання окремих видів матеріалів і сировини Дріт сталевий	т
03.001	Споживання паливно-енергетичних ресурсів за видами Електроенергія	т ункоє, палива
03.003	Споживання паливно-енергетичних ресурсів за видами Теплоенергія	т ункоє, палива
03.012	Використання окремих видів матеріалів і сировини Відрізання металів	м3
03.007	Використання окремих видів матеріалів і сировини Відрізання металів	т
03.006	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Виробництво та розподілення	відсотків
03.010	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Державне управління	відсотків
03.013	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Добування промисловості	відсотків
03.015	Продаж (відпуск) палива населенню Дрова для опалення	м3 щіпкових
03.016	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Надання комунальних та індивідуальних послуг; діяльність у сфері культури та спорту	відсотків
03.017	Використання окремих видів матеріалів і сировини Конструкції будівельні сталеві	т
03.018	Лісове господарство та пов'язані з ними послуги	т
03.019	Використання окремих видів матеріалів і сировини Мідь рафінована	т
03.026	Продаж (відпуск) палива населенню Паливо пічне побутове	т
03.020	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Переробна промисловість	відсотків
03.021	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Операції з нерухомим майном, оренда, інжиніринг та надання послуг підрприємцям	відсотків
03.022	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Оптова й роздрібна торгівля, торгівля транспортними засобами, послуги з ремонту	відсотків
03.023	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Освіта	відсотків
03.024	Основні засоби (у фактичних цінах) Всього	грн.
03.025	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Охорона здоров'я та соціальна допомога	відсотків
03.027	Використання окремих видів матеріалів і сировини Піломатеріали	м3
03.028	Продаж (відпуск) палива населенню Газ природний	м3
03.029	Використання окремих видів матеріалів і сировини Провода установочні	км
03.030	Продаж (відпуск) палива населенню Вугілля, включаючи вугільні брикети	т
03.031	Використання окремих видів матеріалів і сировини Прокат алюмінієвий	т
03.032	Використання окремих видів матеріалів і сировини Прокат бронзовий	т
03.033	Використання окремих видів матеріалів і сировини Прокат латунний	т
03.034	Використання окремих видів матеріалів і сировини Прокат мідний	т
03.035	Використання окремих видів матеріалів і сировини Прокат титановий	т
03.036	Операційні витрати на однієї реалізованої продукції (роботи, послуг) Освіта	коп./грн.
03.037	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Сільське господарство, мисливство, лісове господарство	відсотків
03.038	Використання окремих видів матеріалів і сировини Оскол будівельне	м2
03.039	Продаж (відпуск) палива населенню Газ скраплений	т
03.040	Використання окремих видів матеріалів і сировини Сода кальційована	т
03.041	Використання окремих видів матеріалів і сировини Сода каустична	т
03.042	Споживання паливно-енергетичних ресурсів Всього	т ункоє, палива
03.043	Використання окремих видів матеріалів і сировини Стріжка сталеві холоднокатана	т
03.044	Продаж (відпуск) палива населенню Топливні нафту	т
03.045	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Транспорт (включаючи зв'язок)	відсотків
03.046	Використання окремих видів матеріалів і сировини Труби сталеві	т
03.047	Структура операційних витрат з реалізованої продукції (роботи, послуг) Матеріальні витрати Фінансова діяльність	відсотків
03.048	Використання окремих видів матеріалів і сировини Цемент	т
03.049	Використання окремих видів матеріалів і сировини Цинк	т
03.050	Використання окремих видів матеріалів і сировини Шини для вантажних автомобілів	штуки

Рис. 8. Класифікатор показників соціально-економічного розвитку регіонів



В моделі класифікатору передбачене ведення різних словників (одиниця вимірювання, спосіб вимірювання, галузь промисловості, фінансові результати, вікові групи, товари металопрокату і т.ін.). Такий підхід надає можливість до одного запису в базі даних асоціювати набір значень з цих словників. Дана перспектива є винятково значною оптимізацією як з точки зору структури та орієнтації в класифікаторі, так і з точки зору швидкодії та займаного місця на носіях. Концептуальну модель даних класифікатору показників соціально-економічного розвитку регіонів наведено на рис. 9.

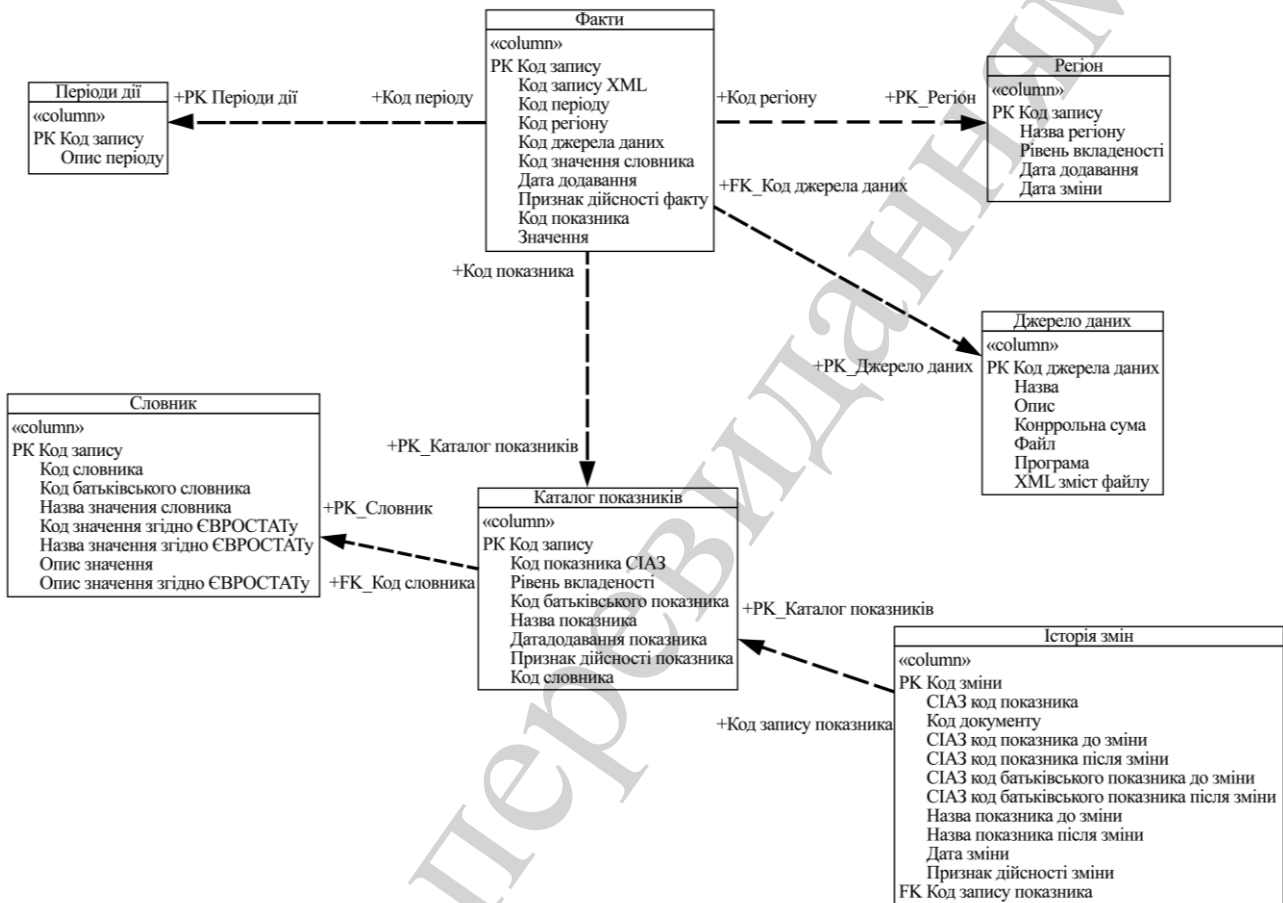


Рис. 9. Концептуальна модель даних класифікатору показників соціально-економічного розвитку регіонів

Побудована модель зберігання показників соціально-економічного розвитку регіонів враховує характерні особливості ведення даних щодо соціально-економічного розвитку. Перш за все приділяється увага тому, що зміни в класифікатор вносяться досить часто (раз в декілька днів). Ці зміни можуть бути спричинені певними нормативними документами, або просто рутинною роботою операторів (у випадку розвитку власного класифікатору). Внаслідок цього повинна вестись повна історія змін показників з можливістю перегляду та відкату. Нарешті, операції вибору всіх безпосередніх та/або опосередкованих нащадків, отримання повної текстової інформації про всі батьківські показники

повинні бути досить швидкими та не створювати навантаження на сервер баз даних, оскільки використовуються вони надзвичайно часто.

## **6. Обговорення результатів дослідження щодо застосування онтологій в інформаційно-аналітичній діяльності в адміністративному управлінні**

Отримані результати щодо застосування онтологій в інформаційно-аналітичній діяльності в адміністративному управлінні свідчать про те, що запропонований підхід дозволяє ефективно формувати інформаційне середовище діяльності експерта-аналітика. Дійсно, з наведених практичних результатів (рис. 6, 8) видно, що аналітику є доступними у зручному режимі значні колекції даних, на яких можна проводити обґрунтовані аналітичні дослідження. При цьому слід особливо зазначити, що ефективність цих досліджень і майбутніх рішень, залежить від побудованої системи онтологій.

У свою чергу, з цього випливає, що отриманий результат пояснюється зняттям протиріччя між необхідністю досягнення високої ефективності аналітичних досліджень і швидкістю їх проведення, що притаманне сфері адміністративного управління, і потребою в доступі до значного об'єму різнопланових даних, на що зазвичай витрачається чимало часу. Вирішення цих проблем стає можливим завдяки використанню методу мульти-онтологічних описів даних, пов'язаних зі станом предметних областей, та розширенням їх шляхом зв'язування класів онтології з такими інформаційними ресурсами, як класифікатори. Саме тому запропонований підхід слід визнати перспективним.

Ці висновки можна розвинути й перевагами щодо адміністрування даних, що підтверджується на прикладі класифікатора показників соціально-економічного розвитку регіонів, який містить понад 12 тисяч найменувань. При роботі з показниками потрібно враховувати їх історію (зміна назв, кодів, внесення або видалення), а також зв'язати коди показників та нормативні документи, згідно з якими відбувалися зміни. Також варто передбачити можливість реалізувати зберігання історії змін не тільки показників соціально-економічного розвитку, а й інших показників. До того ж, потрібно надати користувачу можливість працювати з різними джерелами даних.

Нарешті заслуговує на увагу питання щодо контролю цілісності даних, адже в існуючих на даний момент моделях даних цей контроль є дуже слабким і не відповідає вимогам до систем такого рівня.

Всі перераховані вище проблеми не можуть бути вирішені в рамках традиційних підходів через недосконалість моделі даних, тому нова модель даних на основі онтологій буде більш сучасною, актуальною та забезпечуватиме всім поставленим вимогам. Її використання в органах адміністративного управління значно полегшує та прискорює інформаційну складову аналітичного процесу та забезпечує усі необхідні передумови для ефективного прийняття рішень.

Звичайно, залишається простір для вдосконалення отриманої моделі. Одним з напрямків є розробка часових (темпоральних) онтологій. Ідея полягає в тому, щоб зробити онтології придатними для моделювання динаміки змін предметних областей, та власне й самої ІАС. Переміна властивостей ПдО вимагає розглядати множини  $X$ ,  $R$  як функції часу. Завдання ускладнюється й тим, що

множина функцій інтерпретації  $F$  також може залежати від часу. Розв'язання подібної задачі може бути напрямом подальших розвідок.

Водночас необхідно враховувати, що технологічний розвиток призвів до того, що знання усе більше набувають ознак трансдисциплінарності [17, 22]. В цих умовах онтології є першорядною парадигмою структурування інформації. Онтологіям відводиться специфічна роль зокрема й в створенні онтолого-керованих інформаційних систем. Парадигма поєднання властивостей трансдисциплінарності і онтологічного управління передбачає побудову єдиної системи знань, що в змозі забезпечити формалізовані постановку та вирішення комплексних аналітичних завдань будь-якої складності. Вочевидь, ця перспектива є визначальною для сфери адміністративного управління.

## 7. Висновки

1. Запропонований підхід базується на встановленні причинно-наслідкових зв'язків між різного роду даними, що цілком відповідає основній технології аналітичної діяльності в адміністративному управлінні. При цьому запропонований підхід відкриває додаткові можливості для забезпечення динамічного формування відповідних множин на основі використання властивостей концептів предметних областей, за якими здійснюються аналітичні дослідження.

2. Для підтримки процесу розв'язання інформаційно-аналітичних задач поняття і відношення в онтологічній термінології інтерпретуються відповідно до загальнозначущих функцій інтерпретації, відповідних заданій предметній області. Відмітною особливістю такого підходу є те, що процес розв'язання аналітичної задачі може уявляти певну послідовність упорядкованих тавтологій, кожна з яких наслідуює усі властивості концептів, які складають тавтологію, що їй безпосередньо передуює. Дана особливість методу дозволяє множині станів розв'язання аналітичної задачі розглядати як послідовність упорядкованих тавтологій, які визначають множини можливих таксономій.

3. Запропоновано методологію зняття протиріччя між необхідністю досягнення високої ефективності аналітичних досліджень та швидкістю їх проведення, що притаманне сфері адміністративного управління, і потребою в доступі до значного об'єму різнопланових розподілених даних. Вирішення цих проблем стає можливим завдяки використанню методу мульти-онтологічних описів даних, пов'язаних зі станом предметних областей, та розширенням їх шляхом зв'язування класів онтології з такими інформаційними ресурсами, як класифікатори.

4. Запропонована схема практичної реалізації отриманих рішень на базі типових аналітичних задач може бути реалізованою в структурі інформаційно-аналітичних систем органів адміністративного управління. Коректність та адекватність такого рішення підтверджена застосуванням цієї парадигми до задачі адміністративного моніторингу соціально-економічного стану територій країни на всіх рівнях – від державного через регіональний і впритул до місцевого. Характерною особливістю таких схемних рішень є система знань, сформована на основі аналізу викладених у нормативних документах та статистичних збірниках властивостей об'єктів моніторингу. Це повністю описує устрій, структуру та соціально-економічні показники стану адміністративно-територіальних регіонів країни.

## Література

1. Нестеренко, О. В. (2005). Основы побудови автоматизованих інформаційно-аналітичних систем органів державної влади. Київ: Наукова думка, 628.
2. Ларичев, О. И. (1979). Наука и искусство принятия решений. Москва: Наука, 200.
3. Гафт, М. Г. (1979). Принятие решений при многих критериях. Москва: Знание, 64.
4. Сараев, А. Д. (2006). Системный анализ и современные информационные технологии. Труды Крымской Академии наук, 47–59.
5. Ларичев, О. И., Петровский, А. В. (1987). Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. Итоги науки и техники. Серия: Техническая кибернетика, 21, 131–164.
6. Рогушина, Ю. В., Гладун, А. Я. (2007). Використання організаційних онтологій для пошуку експертів у нових предметних областях. Проблеми програмування, 1, 73–84. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/281>
7. Gruninger, M., Atefi, K., Fox, M. (2000). Ontologies to support process integration in enterprise engineering. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 6 (4), 381–394. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1009610430261>
8. Järvenpää, E., Siltala, N., Hylli, O., Lanz, M. (2018). The development of an ontology for describing the capabilities of manufacturing resources. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30 (2), 959–978. doi: <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1427-6>
9. Grimaldi, M., Sebillo, M., Vitiello, G., Pellecchia, V. (2019). An Ontology Based Approach for Data Model Construction Supporting the Management and Planning of the Integrated Water Service. *Lecture Notes in Computer Science*, 243–252. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24311-1\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24311-1_17)
10. Almeida, M. B., Pessanha, C. P., Barcelos, R. (2017). Information Architecture for Organizations: An Ontological Approach. *Ontology in Information Science*. IntechOpen. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.69161>
11. DeStefano, R. J., Tao, L., Gai, K. (2016). Improving Data Governance in Large Organizations through Ontology and Linked Data. 2016 IEEE 3rd International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud). doi: <https://doi.org/10.1109/cscloud.2016.47>
12. Zaouga, W., Rabai, L. (2019). Modeling and Evaluating a Human Resource Management Ontology. *Software Engineering Methods in Intelligent Algorithms*, 380–390. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19807-7\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19807-7_37)
13. Hagedorn, T. J., Smith, B., Krishnamurty, S., Grosse, I. (2019). Interoperability of disparate engineering domain ontologies using basic formal ontology. *Journal of Engineering Design*, 1–30. doi: <https://doi.org/10.1080/09544828.2019.1630805>
14. Wang, S., Chen, K., Liu, Z., Guo, R.-Y., Chen, S. (2018). An ontology-based approach for supply-chain quality control: From a principal–agent perspective. *Journal of Information Science*, 45 (3), 283–303. doi: <https://doi.org/10.1177/0165551518787693>
15. Малишевский, А. В. (1998). Качественные модели в теории сложных систем. Москва: Наука, Физматлит, 528.

16. Буч, Г. (1992). Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. Москва: Конкорд, 519.
17. Палагин, А. В. (2016). Введение в класс трансдисциплинарных онтолого-управляемых систем исследовательского проектирования. Управляющие системы и машины, 6, 3–11.
18. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 5 (2), 199–220. doi: <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
19. Стрижак, О. Є. (2014). Онтологічні інформаційно-аналітичні системи. Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 3 (67), 71–76. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs\\_2014\\_3\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2014_3_13)
20. Common Core Ontologies for Data Integration. URL: <https://www.cubrc.org/index.php/data-science-and-information-fusion/ontology>
21. Гладун, В. П. (1994). Процессы формирования новых знаний. София: СД «Педагог 6», 192.
22. Князева, Е. Н. (2011). Трансдисциплинарные стратегии исследований. Вестник Томского государственного педагогического университета, 10 (112), 193–201. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transdistsiplinarnye-strategii-issledovaniy>