

Р. Л. Новогрудська

ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛІВ ЗНАНЬ

Анотація. У статті представлено підхід до проєктування Інтернет-порталів знань на основі онтологій. Інтернет-портали знань надають користувачам доступ до різномірних слабкозв'язних даних та інформаційних ресурсів з різних предметних галузей. Використання таких порталів, як єдиної точки доступу, значно спрощує роботу з інформацією, представленою у мережі Інтернет. У випадку Інтернет-порталів для представлення інформації інженерних предметних галузей у їх середовищі містяться не лише інформаційні ресурси і дані, а й велика кількість обчислювальних ресурсів та вебсервісів, які використовуються для виконання певних розрахункових задач інженерних предметних галузей. Онтологічний підхід до проєктування Інтернет-порталів знань дає змогу представити й інтегрувати гетерогенні слабкозв'язні інформаційні й обчислювальні ресурси в процесі структуризації та систематизації даних і знань. Як модель представлення знань на порталі пропонується використовувати онтологію. Загальну онтологію Інтернет-порталу знань представлено системою чотирьох зв'язних компонент. Описано структуру такої системи, виділено базові елементи її онтологій, а також зв'язки між ними. Проведено формалізацію елементів онтологій, яка дає змогу організувати й оптимізувати семантичний пошук по інформаційному простору Інтернет-порталу знань.

Ключові слова: Інтернет-портал знань, онтологія, структуризація, знання, інформаційні ресурси, модель, клас, відношення.

Постановка проблеми. На сьогодні розробляється велика кількість Інтернет-порталів, які виступають єдиним джерелом доступу до інформації у визначеній предметній галузі. Інтернет-портали пропонують користувачеві широкий спектр інформації, розміщеної у такий спосіб, який є найзручнішим для користування кінцевим користувачем. В умовах правильного розроблення, впровадження і підтримки Інтернет-портал стає відправною точкою входу більшості вебкористувачів, надаючи доступ до інформації, розміщеної на розгалужених, не зв'язаних між собою ресурсах мережі Інтернет.

Розвиток інформаційних технологій і сучасних корпоративних розподілених систем привів до створення нових програмних технологій і середовищ, які дають змогу отримувати

деяку узагальнену інформацію на базі логічних висновків та семантичного пошуку. До таких середовищ можна віднести системи корпоративного управління, які використовуються в міністерствах, відомствах та інших державних установах. У процесі функціонування корпоративних систем інформація збирається на нижніх рівнях системи, агрегується на проміжних рівнях і оброблюється на верхніх рівнях для побудови прогнозів, тенденцій розвитку тощо. Для розроблення таких систем широко використовуються технології баз даних та знань, сховища даних, методи інтелектуальної оброблення інформації, методики управління проєктами. Проте можливості цих технологій не повною мірою адаптовані для побудови Інтернет-порталів знань, оскільки в середовищі порталу знань розміщено велику кількість інформаційних ресурсів та обчислювальних сервісів, які характеризуються різномірністю та слабкозв'язністю.

Нині в мережі Інтернет накопичено великі обсяги інформації з різних галузей наукових знань. Причому ці обсяги неконтрольовано зростають, що робить задачу ефективного інформаційного забезпечення наукових і виробничих процесів все більш актуальною. Розв'язання зазначеної задачі ускладнюється особливостями представлення наукових знань та ресурсів. По-перше, такі знання та ресурси здебільшого представлені у вигляді текстових документів в електронних архівах наукових організацій або спеціалізованих Інтернет-каталогах, а іноді і просто розміщені на окремих сайтах як загальнонаукової, так і технічної спрямованості. Це значно ускладнює їх пошук і використання. По-друге, проблема організації і пошуку необхідної інформації посилюється тим, що для більшості наукових знань, розміщених в Інтернеті, характерний слабкий ступінь формалізації, а більшість наукових інформаційних ресурсів або взагалі не систематизовані, або їх систематизація має випадковий чи односторонній характер. Для розв'язання проблеми ефективного доступу до наукових знань і ресурсів пропонується концепція спеціалізованого Інтернет-порталу знань.

Систему знань порталу формують онтології, що дають змогу якісно описати дані та ресурси певної предметної галузі в рамках їх структуризації. Такі портали дають змогу не тільки підтримувати систематизацію даних та інформаційних ресурсів модельованих областей наукових знань, а й забезпечувати змістовний доступ до них. Ця концепція покладена в основу технології створення та супроводу Інтернет-порталів наукових знань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Результатом еволюції терміна «портал» з урахуванням терміна «управління знаннями» є визначення «портал знань підприємства» (enterprise knowledge portal — ЕКР) [1, с. 109]. ЕКР не тільки надає засоби доступу до інформації, а й дає змогу користувачам взаємодіяти один з одним, пов'язувати інформацію з колективним розумінням, системою понять, які визначені в предметній галузі. ЕКР дає можливість приймати оптимальні рішення, оскільки поєднує набуті знання з інформацією, забезпечує виконання транзакцій, зокрема в процесі управління знаннями.

Модифікацією поняття ЕКР є інформаційний портал підприємств (enterprise information

portal). Основною перевагою порталів цього виду є простота пошуку необхідної інформації і можливість її відфільтрування від величезної кількості тих даних, в яких на цьому етапі роботи немає потреби. Однак обсяг інформації, яку можуть зберігати такі портали, суворо обмежений і зводиться тільки до даних, отриманих на організаційних рівнях роботи певної організації. Так, наприклад, дані, які зберігаються в текстових документах і базах кожного окремого співробітника організації, як правило, так і залишаються недоступними для більшості користувачів.

Описані вище портали використовують термін «знання» в сенсі інформації, доступної при роботі з порталом, а також в якості обліку даних, з якими працюють в організаціях. Якщо визначити знання як сукупність даних і правил виведення на них (що дає змогу на базі таких знань організувати визначення властивостей об'єктів та закономірностей процесів і явищ, а також використання їх для прийняття рішень), то виникає необхідність переосмислення поняття порталів, які зберігають такі знання. Водночас постає питання розроблення методологій проектування таких порталів знань [2, с. 28].

Одним з наявних на сьогодні підходів до структуризації знань предметної галузі є онтологічне моделювання. Концептуальна або понятійна модель предметної галузі описує її як сукупність понять (концептів, термінів) і відношень між ними, яким відповідають сутності з реального світу [3, с. 154; 4, с. 355]. Вчені-дослідники інтелектуальних інформаційних систем і моделей представлення знань вводять декілька визначень поняття «онтологія». Н. Гуаріно наводить визначення онтології як формальної теорії, яка обмежує можливі концептуалізації світу [5, с. 118]. Т. А. Гаврилова і В. Ф. Хорошевський визначають онтології як бази знань спеціального типу, які можуть читатися, розумітися та відчуватися від розробника і/або фізично розділюватися їх користувачами [6, с. 251]. «Онтологія — структура заснована не на фіксованій ієрархії концептів, а на каркасі, який описує відмінності, за якими ієрархія генерується автоматично» — так визначає поняття онтології Джон Сова [7, с. 246].

Онтології можуть допомогти структурувати і систематизувати великі обсяги даних, а також інтегрувати слабкозв'язні і розгалужені дані й інфор-

маційні ресурси. Саме тому онтологія може бути використана як модель представлення знань при проектуванні Інтернет-порталів знань. Переваги використання онтології при цьому є такі:

- структуризація і систематизація інформації предметної галузі;
- автоматизована інтеграція із семантичною павутиною;
- організація семантичного пошуку;
- велика кількість наявного програмного забезпечення та вебдодатків для розроблення онтологічних моделей.

Проектуючи онтологію, покладену в основу певної інформаційної системи, дуже важливо мати хорошу і практичну методологію побудови такої онтології, яка б полегшувала її налаштування на предметну галузь, наповнення та супровід. Така онтологія має включати як опис предметної галузі, так і опис релевантних їй ресурсів. Частина онтології, яка описує конкретну предметну галузь, включає в себе сукупність термінів і відношень, семантично значущих для цієї предметної галузі, а також правил, згідно з якими можна будувати твердження про елементи предметної галузі. Процес побудови онтології розділяється на серію підпроцесів. Зазвичай спочатку складається глосарій термінів, який надалі використовується для дослідження властивостей і характеристик представлених у ньому термінів. Потім природною мовою створюється список точних визначень. Після цього на основі таксономічних відношень між термінами будуються дерева класифікації понять [8, с. 492].

Описана вище методологія може бути застосована і для розроблення Інтернет-порталів знань. Інтернет-портали знань, спроектовані в такий спосіб, будуть представляти не лише деяку організаційну інформацію, а й знання про основні розділи предметної галузі, предмети і об'єкти досліджень, використовувані моделі і методи та ін.

Структура системи, побудованої на базі онтології, зазвичай включає такі компоненти [9, с. 6]:

- онтологія (чи декілька онтологій);
- колекціонер онтологічної інформації про ресурси;
- конструктор запитів;
- формувач відповідей.

На сьогодні онтологічний підхід широко використовується для побудови інформаційних систем у різних предметних галузях: медици-

ні [10, с. 5158–5166; 11, с. 98], юриспруденції [12, с. 151–171; 13, с. 217–251], освіті [14, с. 1344–1353]. Для розроблення Інтернет-систем представлення знань у царині лінгвістики й археології використання онтологічних моделей описано в дослідженнях: [15, с. 22–31] і [16, с. 14].

Мета статті — представити онтологічний підхід до проектування Інтернет-порталів знань, спрямований на структуризацію різнорідних слабкозв'язаних інформаційних ресурсів і даних, зосереджених у середовищі таких порталів.

Виклад основного матеріалу. У контексті проектування Інтернет-порталів знань онтологічна модель може розглядатися як ядро інформаційної моделі порталу, вона слугує для представлення понять, необхідних для опису як проблемної області порталу, так і його галузі знань. З огляду на це, побудова онтології є ключовим моментом розроблення Інтернет-порталу знань.

1. Елементи онтології Інтернет-порталу знань

При побудові онтологічної моделі Інтернет-порталів знань виникає необхідність опису її елементів. Виділимо такі елементи онтології:

- класи — описують поняття деякої предметної або проблемної галузі;
- атрибути — описують властивості понять і відношень;
- відношення — задаються на класах. Існують відношення таких видів:
 - асоціативне відношення — дає змогу здійснювати змістовний пошук;
 - відношення «частина — ціле» — дає змогу визначати зв'язки між класами на рівні ієрархії;
 - відношення наслідування — реалізує передачу всіх атрибутів від батьківського класу до дочірнього;
 - відношення «клас — дані» — дає змогу пов'язувати екземпляри понять із класом;
 - стандартні типи значень атрибутів (string, integer, real, date);
 - обмеження на значення атрибутів понять і відношень (використовується не для всіх атрибутів, а лише для тих, значення яких мають лежати в деякій області, не можуть бути меншими/більшими від заданої величини або визначаються певним правилом; так, наприклад, на значення атрибута «дата початку» класу C_i онтології O_i накладається обмеження $T(\text{дата}) = \text{date } F(T) > 0.$);
 - екземпляри класів.

Отже, онтологія порталу являє собою ієрархію понять (або класів), пов'язаних відношеннями. Використання відношень асоціативного типу дає змогу визначити онтологічну модель не тільки як ієрархічну структуру, а і як структуру, що враховує змістовний сенс зв'язку між реальними об'єктами. Різні властивості кожного поняття описуються на основі атрибутів понять і обмежень, накладених на область їх значень.

Онтологічна модель Інтернет-порталу знань формально може бути задана як:

$$O = \{C, A, R, T, F, D\},$$

де

C — множина класів;

A — множина атрибутів;

R — множина відношень — $R = \{R_{AS}, R_{IA}, R_n, R_{CD}\}$.

Типи відношень можуть формально бути задані як:

— R_{AS} — асоціативне відношення $R_{AS} = \{C_i \times C_j\}$,

$M(R_{AS}) = \{str\}$, де M — тип значень відношень,

— R_{IA} — відношення «частина — ціле» $R_{IA} : \tilde{N}_k \subset \tilde{N}_m$,

— R_n — відношення наслідування $R_{CD} : C_j \subseteq D_i$,
 $A_{C_j} \subseteq A$,

— R_{CD} — відношення «клас — дані» —

$\forall (a_i \in A_{C_m}, r_i \in R_{C_m} \ \& \ C_k \subset C_m) : (R_n : a_i, r_i | A_{C_m} \rightarrow$

$\rightarrow a_i, r_i | A_{C_k}) ;$

T — множина типів значень;

F — множина обмежень на значення відношень;

D — множина екземплярів класів.

Формалізація елементів онтологічної моделі будується з використанням теорії множин, а опис зв'язків між елементами онтологічної моделі відображається операціями алгебри логіки. Формалізація елементів надалі використовується для організації та оптимізації семантичного пошуку по інформаційному простору Інтернет-порталу знань.

2. Система онтологій Інтернет-порталу знань

Інтернет-портали знань надають доступ як до різноманітної інформації, яка пов'язана з організаційною роботою, так і до даних та знань зі специфічної предметної галузі порталу. Також у разі розроблення Інтернет-порталів для інженерних предметних галузей знань у їх середовищі містяться не лише інформаційні ресурси і дані, а й велика кількість обчислювальних ресурсів та вебсервісів, які використовуються для виконання певних розрахункових задач інженерних предметних галузей. Саме тому онтологію Інтернет-порталу знань доцільно представляти як сукупність декількох компонентів (рис. 1):

- онтологія науки $O1$ — є онтологією верхнього рівня і об'єднує три онтології: онтологію діяльності, онтологію знань і онтологію розрахунків;
- онтологія діяльності $O2$ — описує загальні поняття, які стосуються організації наукової діяльності загалом;
- онтологія знання $O3$ — включає метапоняття, які задають структури для опису концептів предметної галузі, що розглядається;
- онтологія розрахунків $O4$ — задає об'єкти, які описують розрахункові процеси, представлені на Інтернет-порталі знань.



Рис. 1. Система онтологій Інтернет-порталу знань

Онтологія предметної галузі знань O^{PRO} — відображає загальні знання предметної галузі. Основою онтології предметної галузі є ієрархія понять і системна класифікація, яка складається із фрагментів універсальної структури, типової для описуваної предметної галузі.

Отже, онтологія порталу є системою п'яти взаємозв'язаних компонент:

$$O_{\text{порталу}} = \{O_1(O_2, O_3, O_4), O^{PRO}\}.$$

Екземпляри класів понять і відношень, визначених в онтології Інтернет-порталу знань, утворюють його інформаційне наповнення. Вихідними даними для моделі представлення знань, що характеризують предметну галузь, є мовні ресурси.

На рис. 2 наведено фрагмент Онтології науки, який представляє класи онтології та відношення, задані на цих класах. Представлено відношення двох типів: «частина — ціле» й асоціативні відношення.

Для прикладу наведемо опис однієї з онтологій Інтернет-порталу знань — онтології діяльності. Наведемо класи та відношення зазначеної онтології і їх формальний опис.

3. Онтологія діяльності

Онтологія діяльності включає десять класів, які описують загальні поняття, що стосуються організації діяльності. Ці класи пов'язані відношеннями різних типів. Різні властивості кожного поняття описуються на основі атрибутів понять і обмежень, накладених на область їх значень.

Онтологія діяльності формально може бути задана як:

$$O_2 = \{C_{o_2}, A_{o_2}, R_{o_2}, T_{o_2}, F_{o_2}, D_{o_2}\},$$

де $A_{o_2} = (A_{C_1}, A_{C_2}, A_{C_3}, A_{C_4}, A_{C_5}, A_{C_6}, A_{C_7}, A_{C_8}, A_{C_9})$,

$$C_{o_2} = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9\},$$

$$D_{o_2} = (D_{C_1}, D_{C_2}, D_{C_3}, D_{C_4}, D_{C_5}, D_{C_6}, D_{C_7}, D_{C_8}, D_{C_9}),$$

$$R_{o_2} = (R_{AS_1}(O_2), \dots, R_{AS_{10}}(O_2), R_{IA_1}(O_2), \dots, R_{IA_6}(O_2),$$

$$R_{n_1}(O_2), \dots, R_{n_6}(O_2), R_{CD_1}(O_2), \dots, R_{CD_9}(O_2))$$

Наведемо класи онтології діяльності та їх формальний опис.

Персона — \tilde{N}_1 . До цього класу належать поняття, пов'язані із суб'єктами наукової діяльності: дослідниками, співробітниками і членами організацій. Атрибутами персон є: персональні дані, вчений ступінь, звання, напрями наукової діяльності, місце проживання $\tilde{N}_1(O_2) = (A_{C_1}, D_{\tilde{N}_1})$.

Організація — \tilde{N}_2 . Поняття цього класу описують різні організації, наукові співтовариства і асоціації, інститути, дослідницькі групи та інші об'єднання. Атрибутами організації є: назва і місце розташування $\tilde{N}_2(O_2) = (A_{C_2}, D_{\tilde{N}_2})$.

Захід — \tilde{N}_3 . До цього класу входять поняття, що описують науково-організаційну або науково-дослідну діяльність: наукові заходи, конференції, дослідницькі поїздки, проекти, програми і т. п. До атрибутів класу «Захід» належать: назва, місце проведення, дата

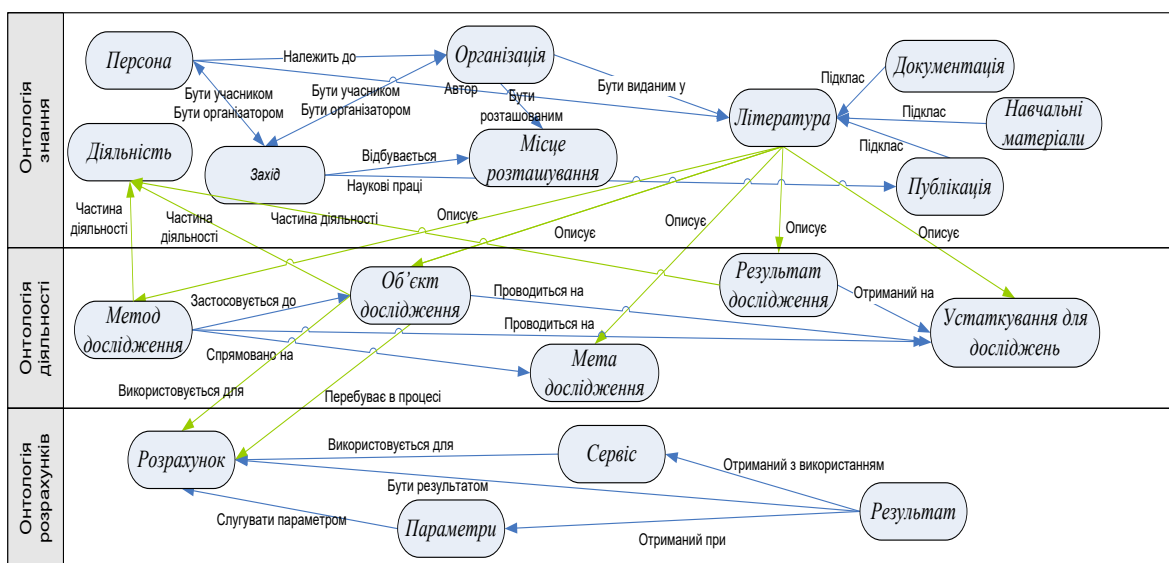


Рис. 2. Фрагмент онтології Інтернет-порталу знань

початку, дата закінчення, ступінь завершеності $\tilde{N}_3(O_2) = (A_{C_3}, D_{\tilde{N}_3})$.

Діяльність — \tilde{N}_4 . Поняття класу «Діяльність» є сполучною ланкою між методом і об'єктом дослідження та отриманим науковим результатом. Клас описує такі поняття, як проект, програма досліджень $\tilde{N}_4(O_2) = (A_{C_4}, D_{\tilde{N}_4})$.

Публікація — \tilde{N}_5 . Цей клас служить для опису різного роду публікацій (у періодичних виданнях і тих, які видаються в результаті проведення конференцій, наукових заходів і т. д.). До атрибутів публікації належать: назва, опис, дата публікації та мова публікації $\tilde{N}_5(O_2) = (A_{C_5}, D_{\tilde{N}_5})$.

Місцезнаходження — \tilde{N}_6 . Цей клас поняття дає змогу описувати географічну й адміністративно-територіальну локалізацію об'єктів дослідження, організацій і т. п. Атрибутами цього класу є назва місця розташування і географічний тип $\tilde{N}_6(O_2) = (A_{C_6}, D_{\tilde{N}_6})$.

Література — \tilde{N}_7 . Цей клас служить для опису літератури (представленої у друкованому або електронному форматах), яка використовується в діяльності (монографії, статті, звіти, праці конференцій, періодичні видання, фото- і відеоматеріали та ін.) До атрибутів публікації належать: назва, опис, дата публікації і мова публікації $\tilde{N}_7(O_2) = (A_{C_7}, D_{\tilde{N}_7})$.

Документація — \tilde{N}_8 . Цей клас служить для опису різного роду документації, як-от ГОСТ, ДСТУ, ISO і т. д. До атрибутів документації належать: назва, опис, дата публікації і мова публікації $\tilde{N}_8(O_2) = (A_{C_8}, D_{\tilde{N}_8})$.

Навчальні матеріали — \tilde{N}_9 . Цей клас містить наявні підручники, довідники, навчальні посібники, мануали. До атрибутів класу належать: назва, опис, дата публікації і мова $\tilde{N}_9(O_2) = (A_{C_9}, D_{\tilde{N}_9})$.

Для онтології інженерної діяльності характерні такі відношення:

1. Асоціативні відношення —

$$R_{AS}(O_2) = \{C_i(O_2) \times C_j(O_2)\};$$

«бути автором» — використовується для визначення зв'язку між *Персоною*, яка є автором публікації, і самою *Публікацією* $R_{AS_1} = \{C_1(O_2) \times C_5(O_2)\};$

«входити у» — пов'язує клас *Організація* і *Персона* у разі, коли персона будь-яким чином належить до організації $R_{AS_2} = \{C_1(O_2) \times C_2(O_2)\};$

«бути учасником» — пов'язує *Захід* з *Персоною* або *Організацією*, що бере участь у цій події, $R_{AS_3} = \{(C_1(O_2) \times C_3(O_2)) \vee (C_2(O_2) \times C_3(O_2))\};$

«бути організатором» — визначає зв'язок між *Подією* і *Персоною* або *Організацією*, що є організатором події,

$$R_{AS_4} = \{(C_1(O_2) \times C_3(O_2)) \wedge (C_2(O_2) \times C_3(O_2))\};$$

«наукові праці» — задає зв'язок між *Заходом* і *Публікаціями*, що висвітлюють цей захід,

$$R_{AS_5} = \{C_3(O_2) \times C_5(O_2)\};$$

«бути виданим у» — пов'язує *Публікацію* і *Організацію*, що видає наукові публікації $R_{AS_6} = \{C_2(O_2) \times C_5(O_2)\};$

«розташовуватися» — описує місце розташування *Організації* $R_{AS_7} = \{C_2(O_2) \times C_6(O_2)\};$

«описувати» — пов'язує *Публікацію* з будь-яким поняттям Онтології знань

$$R_{AS_8} = \{(C_5(O_2) \times C_1(O_3)) \vee (C_5(O_2) \times C_2(O_3)) \vee (C_5(O_2) \times C_3(O_3)) \vee (C_5(O_2) \times C_4(O_3)) \vee (C_5(O_2) \times C_5(O_3))\}$$

«частина діяльності» — пов'язує *Діяльність* з *Об'єктами*, *Методами* і *Результатами* дослідження $R_{AS_{10}} = \{(C_4(O_2) \times C_2(O_3)) \vee (C_4(O_2) \times C_1(O_3)) \vee (C_4(O_2) \times C_3(O_3))\}.$

2. Відношення «частина — ціле» —

$$R_{IA}(O_2) : C_k(O_2) \subset C_m(O_2).$$

Відношенням «частина — ціле» описується зв'язок між класом *Література* і класами *Документація*, *Навчальні матеріали* та *Публікація*. Останні є підкласами класу *Література*.

Відношення між класом *Література* — \tilde{N}_7 і множинами \tilde{N}_5 , \tilde{N}_9 , \tilde{N}_8 — класи *Документація*, *Навчальні матеріали* та *публікація* $\tilde{N}_8 \cup \tilde{N}_9 \cup \tilde{N}_5 \subset \tilde{N}_7.$

«Частина — ціле» актуальне для класу *Персона* і класів *Дослідники*, *Співробітники* і *Члени організації* $C_1 \wedge C_{12} \wedge C_{13} \subset \tilde{N}_1.$

Клас *Організація* є цілим для *Організацій*, *Наукових спільнот* і *Асоціацій*, *Інститутів*, *Дослідницьких груп* та інших об'єднань $C_{21} \wedge C_{22} \wedge C_{23} \wedge C_{24} \wedge C_{25} \wedge C_{26} \subset \tilde{N}_2.$

Відношенням «частина — ціле» зв'язує клас *Захід* з *Конференціями*, *Дослідницькими поїздками*, *Проектами*, *Програмами* $C_{31} \wedge C_{32} \wedge C_{33} \wedge C_{34} \subset \tilde{N}_3.$

Зв'язок класу *Документація* з документами типу *ГОСТ*, *ДСТУ*, *ISO* та ін. здійснюється

за допомогою відношення «частина — ціле»
 $\tilde{N}_8 \subset C_{8_1} \wedge C_{8_2} \wedge C_{8_3}$.

Відношення «частина — ціле» описує зв'язок класу *Навчальні матеріали з Підручниками, Довідниками, Навчальними посібниками, Мануалами* $C_{9_1} \wedge C_{9_2} \wedge C_{9_3} \wedge C_{9_4} \subset \tilde{N}_9$.

3. Відношення наслідування

$$R_n(O_2) = a_i, r_i | A_{C_m}(O_2) \rightarrow a_i, r_i | A_{C_k}(O_2):$$

Множина атрибутів і відношень класу *Література* $A(C_7) R(C_7)$ наслідується його підкласами *Документація* — \tilde{N}_5 , *Навчальні матеріали* — \tilde{N}_9 і *Публікація* — \tilde{N}_5 :

$$A(C_7) R(C_7) \rightarrow A(C_5) R(C_5),$$

$$A(C_7) R(C_7) \rightarrow A(C_8) R(C_8),$$

$$A(C_7) R(C_7) \rightarrow A(C_9) R(C_9).$$

Для класу *Персона*:

$$A(C_1) R(C_1) \rightarrow A(C_{1_1}) R(C_{1_1}),$$

$$A(C_1) R(C_1) \rightarrow A(C_{1_2}) R(C_{1_2}),$$

$$A(C_1) R(C_1) \rightarrow A(C_{1_3}) R(C_{1_3}).$$

Для класу *Організація*:

$$A(C_2) R(C_2) \rightarrow A(C_{2_1}) R(C_{2_1}),$$

$$A(C_2) R(C_2) \rightarrow A(C_{2_2}) R(C_{2_2}),$$

$$A(C_2) R(C_2) \rightarrow A(C_{2_3}) R(C_{2_3}),$$

$$A(C_2) R(C_2) \rightarrow A(C_{2_4}) R(C_{2_4}).$$

Для класу *Захід*:

$$A(C_3) R(C_3) \rightarrow A(C_{3_1}) R(C_{3_1}),$$

$$A(C_3) R(C_3) \rightarrow A(C_{3_2}) R(C_{3_2}),$$

$$A(C_3) R(C_3) \rightarrow A(C_{3_3}) R(C_{3_3}),$$

$$A(C_3) R(C_3) \rightarrow A(C_{3_4}) R(C_{3_4}).$$

Для класу *Навчальні матеріали*:

$$A(C_9) R(C_9) \rightarrow A(C_{9_1}) R(C_{9_1}),$$

$$A(C_9) R(C_9) \rightarrow A(C_{9_2}) R(C_{9_2}),$$

$$A(C_9) R(C_9) \rightarrow A(C_{9_3}) R(C_{9_3}).$$

4. Відношення «клас — дані» $R_{CD}(O_2) = C_j(O_2) \subseteq D_i(O_2)$. Відношення виду «клас — дані» зв'язує усі класи онтології інженерної діяльності з їх екземплярами:

$$C_1(O_2) \subseteq D, A_{C_1} \subseteq A_D, C_2(O_2) \subseteq D, A_{C_2} \subseteq A_D,$$

$$C_3(O_2) \subseteq D, A_{C_3} \subseteq A_D, C_4(O_2) \subseteq D, A_{C_4} \subseteq A_D,$$

$$C_5(O_2) \subseteq D, A_{C_5} \subseteq A_D, C_6(O_2) \subseteq D, A_{C_6} \subseteq A_D,$$

$$C_7(O_2) \subseteq D, A_{C_7} \subseteq A_D, C_8(O_2) \subseteq D, A_{C_8} \subseteq A_D,$$

$$C_9(O_2) \subseteq D, A_{C_9} \subseteq A_D, C_{10}(O_2) \subseteq D, A_{C_{10}} \subseteq A_D.$$

Елементи інших онтології Інтернет-порталу знань описуються аналогічно.

Висновки. У статті наведено підхід до проектування Інтернет-порталів знань на базі онтологічної моделі. Онтологія дає змогу структурувати і систематизувати різноманітні слабкозв'язні дані й інформаційні ресурси Інтернет-порталів знань. Онтологію порталу представлено системою взаємозв'язаних компонент, кожна з яких дає змогу описати певний розділ знань предметної галузі, для якої розроблюється портал. Запропоновано для кожного елементу онтологічної моделі ввести формальні описи, які надалі дадуть змогу організувати пошук по інформаційному простору Інтернет-порталу знань.

Майбутні дослідження будуть спрямовані на представлення в онтології взаємозв'язків між інформаційними й обчислювальними ресурсами порталу в рамках їх використання для виконання певних розрахункових задач, представлених саме на порталах інженерних знань. Також увага буде приділена практичній реалізації онтологічної моделі та її наповненню.

Список використаних джерел

- Бутова Р. К., Гаврилова А. А. Застосування сучасних інформаційних технологій для створення систем управління корпоративними знаннями. *Системи обробки інформації*. 2010. № 7. С. 106–112.
- Comparing Nanotechnology Web Portal Requirements Using a Kano Method / S. Bae and oth. *Journal of Information Science Theory and Practice*. 2017. № 5. P. 17–32.
DOI: <https://doi.org/10.1633/JISTaP.2017.5.2.2>
- Methodologies and Methods for Building Ontologies. *Ontological Engineering. Advanced Information and Knowledge Processing*. London : Springer, 2004. P. 107–197.
DOI: https://doi.org/10.1007/1-85233-840-7_3
- Changrui Y., Yan L. Comparative Research on Methodologies for Domain Ontology Development / D. Huang, Y. Gan, P. Gupta, M. M. Gromiha (eds). *Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Artificial Intelligence. Lecture Notes in Computer Science*. Berlin : Springer, 2012. № 6839. P. 349–356. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-25944-9_45
- Guarino N. The Ontological Level: Revisiting 30 Years of Knowledge Representation. *Lecture Notes in Computer Science*. 2012. P. 52–67.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02463-4_4
- Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб. : Питер, 2001. 384 с.

7. Sowa J. F. The role of logic and ontology in language and reasoning. *Theory and Applications of Ontology: Philosophical Perspectives*. Berlin : Springer, 2010. Chapter 11. P. 231–263. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-8845-1_11
8. Загорулько Г. Б. Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях. *Онтология проектирования*. 2016. Т. 6, № 4 (22). С. 485–500. DOI: <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500>
9. Осипова К. С., Маркин С. Д. Особенности проектирования информационных систем, управляемых онтологиями. *Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке*. Новосибирск : СибАК, 2018. № 19 (27). С. 5–8.
10. Ivanović Mirjana, Budimac Zoran. An overview of ontologies and data resources in medical domains. *Expert Systems with Applications*. 2014. Vol. 41, Issue 11. P. 5158–5166. DOI: doi.org/10.1016/j.eswa.2014.02.045
11. Cedeno Moreno D., Vargas Lombardo M. An Ontology-Based Knowledge Methodology in the Medical Domain in the Latin America: the Study Case of Republic of Panama. *Acta Informatica Medica*. 2018. 26 (2). P. 98. DOI: <https://doi.org/10.5455/aim.2018.26.98-101>
12. Gostojic, S., Milosavljevic B., Konjovic Z. Ontological model of legal norms for creating and using legislation. *Computer Science and Information Systems*. 2013. № 10 (1). P. 151–171. DOI: <https://doi.org/10.2298/csis110804035g>
13. Sartor G. Legal concepts as inferential nodes and ontological categories. *Artificial Intelligence and Law*. 2009. № 17 (3). P. 217–251. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10506-009-9079-7>
14. Tapia-Leon M., Rivera A. C., Chicaiza J., Lujan-Mora S. Application of ontologies in higher education: A systematic mapping study. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. 2018. IEEE Digital Library. P. 1344–1353. DOI: <https://doi.org/10.1109/educon.2018.8363385>
15. Загорулько Ю. А., Боровикова О. И., Кононенко И. С., Соколова Е. Г. Методологические аспекты разработки электронного русско-английского тезауруса по компьютерной лингвистике. *Информатика и ее применения*. 2012. Т. 6. № 3. С. 22–31.
16. Ahmadeeva I., Borovikova O., Zagorulko Yu., Sidorova E. An ontological information collection for intelligent scientific internet resources. *System Informatics*. 2014. № 3. P. 13–23. DOI: <https://doi.org/10.31144/si.2307-6410.2014.n3.p.13-23>

References

1. Butova, R. K., Havrylova, A. A. (2010). Modern information technologies application for corporate knowledge management systems development. *Systemy obrobky informatsii*, 7, 106–112 [in Ukrainian].
2. Bae, S. et al. (2017). Comparing Nanotechnology Web Portal Requirements Using a Kano Method. *Journal of Information Science Theory and Practice*, 5, 17–32. DOI: [10.1633/JISTaP.2017.5.2.2](https://doi.org/10.1633/JISTaP.2017.5.2.2)
3. *Methodologies and Methods for Building Ontologies* (2004). In: *Ontological Engineering. Advanced Information and Knowledge Processing*. London : Springer, 107–197. DOI: [10.1007/1-85233-840-7_3](https://doi.org/10.1007/1-85233-840-7_3)
4. Changrui, Y., Yan, L. (2012). *Comparative Research on Methodologies for Domain Ontology Development*. In: D. Huang, Y. Gan, P. Gupta, M. M. Gromiha (Eds). *Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Artificial Intelligence. Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer, 6839, 349–356. DOI: [10.1007/978-3-642-25944-9_45](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25944-9_45)
5. Guarino, N. (2012). The Ontological Level: Revisiting 30 Years of Knowledge Representation. *Lecture Notes in Computer Science*, 52–67. DOI: [10.1007/978-3-642-02463-4_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02463-4_4)
6. Gavrilova T. A., Khoroshevskiy V. F. (2001). *Knowledge bases of intellectual systems*. St. Petersburg : Piter [in Russian].
7. Sowa, J. F. (2010). The role of logic and ontology in language and reasoning. *Theory and Applications of Ontology: Philosophical Perspectives*. Berlin : Springer, Chapter 11, 231–263. DOI: [10.1007/978-90-481-8845-1_11](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8845-1_11)
8. Zagorul'ko, G. B. (2016). Developing an ontology for an online decision support resource in poorly formalized areas. *Ontologiya proektirovaniya*, 6, 4 (22), 485–500. DOI: [10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500](https://doi.org/10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500) [in Russian].
9. Osipova, K. S., Markin, S. D. (2018). Peculiarities of ontology management information systems design. *Eksperimental'nye i teoreticheskie issledovaniya v sovremennoy nauke. Novosibirsk : SibAK*, 19 (27), 5–8 [in Russian].
10. Ivanović, Mirjana & Budimac, Zoran (2014). An overview of ontologies and data resources in medical domains. *Expert Systems with Applications*, Vol.41, Issue 11, 5158–5166. DOI: [10.1016/j.eswa.2014.02.045](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.02.045)
11. Cedeno Moreno, D. & Vargas Lombardo, M. (2018). An Ontology-Based Knowledge Methodology in the Medical Domain in the Latin

- America: the Study Case of Republic of Panama. *Acta Informatica Medica*, 26 (2), 98.
DOI: 10.5455/aim.2018.26.98–101
12. Gostojic, S., Milosavljevic, B. & Konjovic, Z. (2013). Ontological model of legal norms for creating and using legislation. *Computer Science and Information Systems*, 10 (1), 151–171.
DOI: 10.2298/csis110804035g
13. Sartor, G. (2009). Legal concepts as inferential nodes and ontological categories. *Artificial Intelligence and Law*, 17 (3), 217–25.
DOI: 10.1007/s10506–009–9079–7
14. Tapia-Leon, M., Rivera, A. C., Chicaiza, J., Lujan-Mora, S. (2018). Application of ontologies in higher education: A systematic mapping study. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE Digital Library.
DOI: 10.1109/educon.2018.8363385
15. Zagorul'ko, Yu. A., Borovikova, O. I., Kononenko, I. S., Sokolova, E. G. (2012). Methodological aspects of electronic Russian-English thesaurus on computer linguistics development. *Informatika i ee primeneniya*, 6 (3), 22–31 [in Russian].
16. Ahmadeeva, I., Borovikova, O., Zagorulko, Y., Sidorova, E. (2014). An ontological information collection for intelligent scientific internet resources. *System Informatics*, 3, 13–23.
DOI: 10.31144/si.2307–6410.2014.n3.p13–23

R. L. Novogrudska

THE ONTOLOGICAL APPROACH TO INTERNET KNOWLEDGE PORTALS DESIGN

Abstract. *The paper presents the approach to Internet knowledge portals design based on ontologies. Internet knowledge portals provide users with access to heterogeneous loosely coupled data and information resources of various subject domains. Using such portals as a single access point greatly simplifies the work with the information presented on the Internet. In the case of Internet portals representing engineering subject domains information their environment concentrates not only information resources and data, but also a large number of computing resources and web-services that are used to perform certain calculation tasks of engineering subject domains. The ontological approach to Internet knowledge portals design allows to representation and integration of heterogeneous information and computing resources in the process of such portals data and knowledge structuring and systematizing. It is proposed to use ontology as a portal knowledge representation model. The Internet knowledge portal general ontology is represented by a system of four interconnected components. The structure of such a system is described, the basic elements of its ontologies, as well as the relations between them, are distinguished. The ontology elements are formalized that allows to organize and optimize semantic search through the Internet knowledge portals information space.*

Keywords: *Internet knowledge portal, ontology, structuration, knowledge, information resources, model, class, relations.*

Р. Л. Новогрудская

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛОВ ЗНАНИЙ

Аннотация. *В статье представлен подход к проектированию интернет-порталов знаний на основании онтологий. Интернет-порталы знаний предоставляют пользователям доступ к разнородным слабосвязанным данным и информационным ресурсам различных предметных областей. Использование таких порталов как единой точки доступа значительно упрощает работу с информацией, представленной в сети Интернет. В случае Интернет-порталов, представляющих информацию инженерных предметных областей, в их среде сосредоточены не только информационные ресурсы и данные, но и большое количество вычислительных ресурсов и веб-сервисов, которые используются для выполнения определенных расчетных задач инженерных предметных областей. Онтологический подход к проектированию интернет-порталов знаний позволяет представить и интегрировать разнородные информационные и вычислительные ресурсы в процессе структуризации и систематизации данных и знаний. В качестве модели представления знаний на портале предложено использовать онтологию. Общая онтология Интернет-портала знаний представлена системой четырех взаимосвязанных компонент. Описана структура такой системы, выделены базовые элементы ее онтологий, а также связи между ними. Проведена формализация элементов онтологий, которая позволяет организовать и оптимизировать семантический поиск по информационному пространству Интернет-порталов знаний.*

Ключевые слова: *интернет-портал знаний, онтология, структуризация, знания, информационные ресурсы, модель, класс, отношения.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Новогрудська Ріна Леонідівна — канд. техн. наук, доцентка, старша наукова співробітниця, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, rinan@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0258-1713>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Novogrudska R. L. — PhD in Engineering, Associate Professor, Senior Researcher, NC “Junior academy of sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, rinan@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0258-1713>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Новогрудская Р. Л. — канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник, НЦ «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина, rinan@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0258-1713>

Стаття надійшла до редакції / Received 08.04.2020