

ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ ДЛЯ ПЕРСОНІФІКАЦІЇ СЕМАНТИЧНОГО ПОШУКУ

Розглянуто сучасні засоби представлення та обробки знань в інтелектуальних інформаційних системах, орієнтованих на роботу у відкритому середовищі. Проаналізовано методи та засоби семантичного пошуку в Web та проблеми, пов'язані з цим. Запропоновано метод персоніфікації пошуку за допомогою онтологій предметних областей, які відображають знання щодо користувачів та сфери їх інформаційних потреб. Створено програмні засоби, які на основі технологій Semantic Web реалізують розроблені методи. Система МАПС здійснює персоніфікований семантичний пошук, використовуючи онтології та тезауруси для представлення знань щодо об'єктів та суб'єктів пошуку. Для побудови та вдосконалення онтологій запропоновано методи аналізу семантично розмічених Wiki-ресурсів.

Ключові слова: онтологія, семантичний пошук, Semantic Web.

Вступ

На даний час світовим співтовариством вже усвідомлений головний напрямок у боротьбі з інформаційним вибухом – перехід від збереження й обробки даних до накопичення й обробки знань. Для розробки інтелектуальних інформаційних систем (ІС), призначених для роботи зі знаннями, раніше зазвичай використовувалися логічні мови (Лісп, Пролог тощо), але за останні десятиріччя поширення Web – всесвітнього сховища, що відкриває доступ до величезної кількості різних інформаційних ресурсів (ІР), незалежно від їх географічної і національної локалізації та засобів подання – викликало потребу у нових, більш ефективних підходах до створення ІС, орієнтованих на функціонування у відкритому інформаційному середовищі (агентно-орієнтовані [1] та сервіс-орієнтовані підходи [2]) методів керування та обробки розподіленими знаннями в них.

Однією з важливих проблем, пов'язаних із розробкою таких сучасних ІС, є створення засобів отримання актуальної та пертинентної інформації з середовища Web: тільки за наявності таких засобів доцільно вдосконалювати методи переробки отриманих відомостей. Таким чином, проблема пошуку в Web стає все більш актуальною із зростанням обсягу Web та ускладненням його структури і тих програмних засобів, що діють у ньому. Значною мірою вирішенню цієї про-

блеми сприяє поступове перетворення Web на глобальну базу знань та розвиток технологій, що підтримують цей процес, але залишається ще дуже багато відкритих питань, що потребують створення ефективних рішень хоча б для окремих випадків цих проблем.

Інтелектуальні засоби пошуку в Web: історія питання та основні проблеми

Інтелектуальна інформаційна система (ІС) – це один з видів автоматизованих інформаційних систем, функціонування якої базується на використанні знань [3], вирішує завдання аналізу та синтезу інформації. Функціонування ІС можна описати як постійне прийняття рішень на основі аналізу поточних ситуацій для досягнення певної цілі [4].

Аналіз публікацій [5–7] показує, що задачі збереження, здобуття й аналізу знань ефективно вирішуються в рамках проекту Semantic Web [8]. Ця розробка, розпочата у 2000 році Т. Бернесом-Лі [9], спрямована на перетворення середовища Web на глобальну розподілену базу знань, яку можуть використовувати різноманітні ІС.

За визначенням W3C [10], *Semantic Web* – це розширення WWW, у рамках якого інформація (Web-контент) представляється у форматах, що забезпечують її використання програмними агентами, до-

зволяючи їм, таким чином, шукати, розділяти і інтегрувати інформацію значно легше, ніж це відбувається нині [11]. Для них вже існують формальні моделі, мови подання, методи обробки та програмні засоби: на сьогодні створено низку найважливіших технологій: розширену мову розмітки (Extensible Markup Language, XML), система опису ресурсів (Resource Description Framework, RDF) [12], мова Web-онтологій (Ontology Web Language, OWL) [13], що призначені для опису, збереження і поширення знань, а також SPARQL – мову запитів до RDF.

З огляду на багаторічний досвід розробки, стандартизації і розвитку технологій Semantic Web у рамках World Wide Web Consortium, використання існуючих розробок для створення ІС є закономірним і потребує більш детального аналізу. Основними компонентами Semantic Web, на яких базуються ІС, є:

- онтології;
- сервіси;
- програмні агенти.

Онтологія – це формальний опис результатів концептуального моделювання різних предметних областей (ПрО), що забезпечує інтеоперабельність та повторне використання знань в ІС [14]. Онтології є ефективним засобом для моделювання уявлень про різноманітні ПрО і дають змогу формально відображати їх семантику.

Т. Грубер визначає онтологію як точну специфікацію концептуалізації [15], тобто основу онтології складають множини представлених у ній термінів та відношень, водночас як М. Ушольд [16] пов'язує онтологію з ПрО, визначаючи її специфікацією концептуалізації, але тільки в тій її частині, що залежить від визначеної ПрО. За визначенням Н. Гуаріно [17], онтологія – це логічна теорія, аксіоми якої обмежують інтерпретації нелогічних символів мови, тобто онтологія має характеризувати концептуалізацію, обмежуючи можливі значення предикатів і функцій.

У загальному випадку *формальна модель онтології* – це упорядкована трійка

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

де T – множина понять ПрО, що поділяється на класи та екземпляри; R – множина відношень між ними; F – множина функцій інтерпретації понять і відношень. Вона може бути конкретизована відповідно до специфіки задачі та ПрО.

Детальніший розгляд використання онтологій в ІС та їх інтеграції з іншими семантичними технологіями наведено в [18]. Слід відмітити, що обробка онтологічних структур є досить складною, і тому в багатьох практичних застосуваннях доцільно використовувати окремі випадки онтологій, які припускають простішу обробку, або здобуті з них знання.

Використання *Web-сервісів* [19] у розробці ІС зменшує час розробки та надає можливість повторно використовувати програмний код. Проте лише перехід до семантичних Web-сервісів дозволяє автоматизувати їх пошук та композицію [20]. Такі сервіси мають однозначно відтворювану семантику, яка також може бути формалізована за допомогою відповідної онтології – наприклад, OWL-S [21]. Інтелектуальні Web-сервіси доцільно застосовувати для моделювання функцій складних ІС на рівні семантики [22].

Агентний підхід можна розглядати як метафору моделювання поведінки розподілених ІС [23]. Різноманітні модулі ІС, здатні діяти раціонально, автономно та цілеспрямовано в динамічному середовищі, можуть розглядатися як *програмні агенти* (ПА) [24], якщо вони виконують певну діяльність від імені користувачів [25], а на результати їх роботи значним чином впливає те середовище, в якому вони функціонують. Доцільність такого підходу збільшує наявність у програми таких властивостей, як автономність, реактивність, колаборативна поведінка, мобільність, безперервність у часі, адаптивність, персоналізація тощо.

Інтелектуальні ПА стали новим рівнем абстракції, що дозволяв створювати розширювані, масштабовані, інтеоперабельні ІС. Враховуючи перспективність цього напрямку створення розподілених ІС, були виконані дослідження теорети-

ко-логічних моделей, архітектур та методів інтелектуалізації програмних агентів, внаслідок чого було доведено доцільність застосування агентних технологій для семантичного пошуку та побудовано символну модель інтелектуального агента, що базується на формалізації інтенціональних відношень, запропоновано засоби підвищення рівня інтелектуальності агентів за допомогою використання методів індуктивного та традуктивного виведення. Ці дослідження, проаналізовані в [26], можуть бути базисом для розробки моделі мультиагентної ПС [27].

Semantic Web пропонує потужний практичний підхід до використання семантики як інформаційних ресурсів (IP), так і засобів їх обробки, що потребує нових методів та інструментів [28]. Програмування в Semantic Web – це потужний напрямок для підвищення ефективності розподіленого та сумісного доступу до інформації та її використання прикладними програмами. Детальніше це розглянуто в [18, 22].

Необхідно зазначити, що через складність та комплексність ПС залишається ще багато відкритих питань, пов'язаних з тим, як саме потрібно застосовувати та інтегрувати технології Semantic Web у кожному конкретному випадку.

Інформаційний пошук у Web, що є складовою найрізноманітніших ПС, – це співставлення інформаційних потреб користувача (що формалізуються певним чином через пошукові запити) із відомостями щодо IP та їх метаописів. Її рішення потребує як створення засобів для представлення відомостей щодо користувачів та IP із достатньою виразною потужністю, так і у розробці ефективних методів їх співставлення. Термін “інформаційний пошук” (“information retrieval”) був введений американським математиком К.Н. Муерсом.

Через надзвичайно великий обсяг, гетерогенність та складну структуру Web тієї інформації, яку надає сам користувач – як набір ключових слів або природною мовою – для ідентифікації своїх інформаційних потреб, недостатньо для того, щоб

знайти пертинентні відомості. Тому сучасні інформаційно-пошукові системи (ПС) розвиваються у напрямку їх інтелектуалізації та персоніфікації.

Персоніфікація ПС – використання інформації щодо користувача, його інформаційних потреб. Така інформація може бути безпосередньо надана користувачу, здобута з досвіду його взаємодії із системою або отримана від зовнішніх IP та застосунків (наприклад, соціальних мереж або персональних сторінок).

Інтелектуалізація ПС – це використання в процесі пошуку знань щодо його суб'єктів і об'єктів та отримання більш пертинентних результатів.

В ПС все частіше застосовують зовнішні бази знань (БЗ), у ролі яких часто використовують онтології різного рівня. Онтології дозволяють характеризувати:

- основні елементи ПС та зв'язки між ними;
- користувачів та сферу їх інтересів;
- IP та їх ПрО;
- інформаційні об'єкти, що цікавлять користувача;
- інші ПС, які виступають як джерела інформації.

Інформаційний об'єкт (IO) – модель об'єкта ПрО в інформаційному просторі, яка визначає структуру, атрибути, обмеження цілісності й, можливо, поведінку цього об'єкта. У пошуку під IO буде розуміти ту інформацію, яку користувач отримує в результаті виконання процесу пошуку. Важливо, що сам об'єкт ПрО може бути як матеріальним (наприклад, людина, організація, місце), так і віртуальним, що не має конкретного матеріального еквівалента (наприклад, книга, програма), хоча і зв'язаний з тим чи іншим матеріальним носієм інформації. Приклади IO – організація, людина-експерт, Web-сервіс [22].

Онтологічний опис IO характеризує його структуру, відношення з іншими IO, атрибути, їх типи та значення тощо. Тип IO може бути формалізований як клас відповідної онтології, а потрібний користувачеві IO – як екземпляр цього класу з пев-

ними властивостями. Доцільно використовувати для семантичного пошуку зовнішні спеціалізовані онтології та таксономії ІО. Наприклад, якщо потрібно знайти Web-сервіс, то можна використовувати OWL-S, а для пошуку мультимедіа – таксономію мультимедійних ІО.

У загальному випадку користувач описує свою інформаційну потребу, вказуючи клас онтології ІО X , до якого відноситься шуканий екземпляр ІО $x \in X$ (наприклад, особа, організація або програмний агент), та умови, що накладаються на значення його властивостей.

Онтології, що застосовуються в системі семантичного пошуку (ССП), можна поділити за їх ролями на наступні групи:

- онтології Про – для опису інформаційних потреб користувача та ІР, що дозволяє визначати ступінь семантичної близькості між ними;
- онтології ІО – для опису структури та властивостей ІО, що цікавлять користувача;
- організаційні онтології – для опису джерел інформації щодо користувачів та ІР;
- лінгвістичні онтології – для аналізу та анотування контенту природномовних ІР;
- внутрішні онтології ССП – для інтеграції її елементів та для зв'язку з іншими ІС.

Нині багато досліджень спрямованих у бік більш інтелектуальних форм отримання інформації [28], які називають семантичним пошуком.

Семантичний пошук – це метод інформаційного пошуку, у якому релевантність документа запиту визначається семантично (за близькістю змісту), а не синтаксично (наприклад, за частотою використання ключових слів у документі). Його метою є отримання з ІР відомостей, що задовольняють інформаційну потребу користувача, пов'язану із розв'язанням певної проблем, в процесі якого застосовуються (наочно або приховано від користувача) знання щодо різних суб'єктів і об'єктів пошукової процедури й методи аналізу цих знань [29].

ССП – це ІС, що забезпечує пошук ІО різних типів із використанням *знань* для зіставлення запиту з наявними ІР на семантичному рівні. Корисно, щоб ССП були здатні застосовувати *зовнішні* знання, тобто такі, що не закладені в системі в процесі її розробки, а здобуваються з оточуючого середовища в процесі роботи, тому що це забезпечує їх адаптивність.

Зазвичай ССП пов'язують з такими можливостями, як обробка запитів природною мовою, пошук складних ІО, пошук у Semantic Web та інтелектуальний інтерфейс.

У класифікації ССП [30] вирізняють підходи на основі структурованих мов запитів, що потребують певної кваліфікації користувачів (наприклад, [31–33], та підходи, орієнтовані на некваліфікованих користувачів, які не потребують знайомства зі спеціалізованими мовами запитів. Цю другу групу поділяють підходи, де запити складаються із списків ключових слів (наприклад, [34, 35]); та підходи, де користувачі висловлюють запити природною мовою (наприклад, [36, 37]).

Одна з перших систем створення семантичних запитів в Web – *SHOE* [38] – дозволяє користувачам задавати структуровані запити з використанням онтології. Більшість ССП, що використовують онтології, орієнтовані на пошук лише у Semantic Web (наприклад, *ONTOSEARCH2* [39], *Swoogle* [40]), тобто серед семантично анотованих ІР. Але, на жаль, нині такі ІР складають лише незначну частину Web, і тому такий пошук не задовольняє потребам користувачів.

Ті ССП, що здійснюють пошук у всьому інформаційному просторі Web, зазвичай працюють як метапошукові ІС: отримують запит користувача, семантично переробляють його та спрямовують до зовнішніх ІС (наприклад, до Google), а потім семантично обробляють отримані результати. В семантичній обробці досить часто застосовуються онтології (наприклад, *QUICK* [37]).

Незважаючи на різноманіття підходів до семантичного пошуку в Web, дослідження в цій області ще знаходяться

на самому початку. Ще не знайдено методів для автоматичної трансформації природномовних запитів у формальні на основі онтологій, для семантичного анотування Web-контенту та автоматичного здобуття знань щодо певних ІО з обраних ІР. Крім того, потребують розробки засоби пошуку, створення та підтримка онтологій, потрібних для пошуку.

Більш детально ця проблема розглянута в [41], де створення ССП розглядається як окремий випадок побудови розподіленої ІС на основі технологій Semantic Web та методів штучного інтелекту.

Постановка задачі

Аналіз публікацій щодо розробки ССП, наведений у [42], свідчить про те, що усі ці системи не дозволяють користувачам явно вказувати, які саме знання та з яких джерел потрібно використовувати для своєї роботи, та які саме ІО їх цікавлять. Для персоніфікації семантичного пошуку потрібно, щоб користувач мав можливість обирати онтології ПрО та ІО, пертинентні його цілям, але для цього необхідно розробити методи та засоби, які дозволять некваліфікованим користувачам аналізувати такі онтології.

Задачею даного дослідження є розробка методу використання онтологій у ССП для пошуку природномовних та мультимедійних ІО, який дозволяє користувачам *явно керувати* відбором знань, що використовуються в процесі пошуку для формалізації своїх інформаційних потреб.

Для цього пропонується розробити такий *метод побудови тезаурусів* – простіших для обробки окремих випадків онтологій ПрО, в якому користувач має можливість впливати на здобуття з онтологій тих знань, що стосуються його поточної задачі; та запропонувати *способи співставлення* цих тезаурусів із контентом та метаописами ІР, які дозволяють обрати серед них найбільш *пертинентні*. Онтологічна модель семантичного пошуку, що формалізує відомості щодо основних об'єктів та суб'єктів ССП,

має стати основою для *персоніфікації* пошуку як джерело відомостей про інформаційні потреби користувача, його задачі та потрібні для цих задач ІО.

Для того, щоб користувачі мали можливість відображати свої інтереси за допомогою онтологій, потрібно також розробити засоби побудови та вдосконалення онтологій на основі ресурсів Web.

Онтологічна модель семантичного пошуку

Побудова ССП потребує створення формальної моделі, яка розкриває взаємодію між усіма суб'єктами та об'єктами пошуку, та може поєднуватися з онтологічними моделями окремих ПрО. Використання цієї моделі дозволяє більш чітко визначити поточні інформаційні потреби користувача та структуру тієї інформації, яку він потребує. Важливо, щоб така модель, з одного боку, мала достатню виразність, а з іншого – була б досить зрозумілою та не викликала надто великих обчислювальних складнощів при її обробці.

Будемо використовувати формальну модель онтології, більш детально описану в [27], яка є конкретизацією моделі (1):

$$O = \langle X_{cl} \cup X_{ind}, r_{cl} \cup \{r_i\} \cup \{p_j\}, F, T \rangle. \quad (2)$$

Ця модель складається з таких елементів:

– $X = X_{cl} \cup X_{ind}$ – множина концептів онтології, де X_{cl} – множина класів, X_{ind} – множина екземплярів класів, таких, що $\forall a \in X_{ind} \exists A \in X_{cl}, a \in A$;

– $R = r_{cl} \cup \{r_i\} \cup \{p_j\}$ – множина відношень між елементами онтології, де r_{cl} – ієрархічне відношення, що може встановлюватися між класами онтології і властивостями класів і характеризується такими властивостями, як антисиметричність і транзитивність; $\{r_i\}$ – множина об'єктних властивостей, що установлюють відношення між екземплярами класів, $\{p_j\}$ – множина властивостей даних, що

встановлюють стосунки між екземплярами класів і значеннями;

– F – множина властивостей класів онтології, екземплярів класів і їхніх властивостей;

– T – множина типів даних (наприклад, рядок, ціле).

Вибір саме такої моделі онтології обумовлюється наступними причинами. По-перше, вона найбільше повно відповідає інтуїтивному уявленню про онтології, закладеному в редакторі онтологій Protege [43]. По-друге, ця модель досить легко інтегрується з моделлю тезауруса задачі, що використовується для семантичного пошуку. По-третє, цю модель дозволяє зіставити онтологічне представлення знань щодо ПрО із семантичними конструкціями Semantic MediaWiki: для деяких елементів може бути сформована взаємоднозначна відповідність, а зіставлення інших вимагає додаткових перетворень, але також може бути хоча б частково автоматизовано.

Онтологічна модель семантичного пошуку (ОМСП) – це формальна модель онтології, класи якої описують різні елементи ССП (обов'язкові, як користувачі, ІР, ІО та запити, та службові, що залежать від специфіки конкретної системи – наприклад, тезауруси або лексичні онтології), відношення задають зв'язки між цими елементами, а аксіоми формалізують правила виконання пошуку. Структура ОМСП задається розробниками ССП, а екземпляри її класів створюються в процесі її функціонування та можуть змінюватися [44].

Деякі класи ОМСП можуть бути посиленнями на зовнішні онтології або їх окремі випадки (таксономії, тезауруси тощо), фіксуючи роль цих онтологій в ССП. Наприклад, екземпляром класу “ІО” може бути онтологія Web-сервісів або мультимедійних ресурсів.

Множина X_{cl} ОМСП містить наступні основні класи:

– *користувач* – особа, інформаційну потребу якої має задовольнити

семантичний пошук (ці відомості отримуються від самого користувача, з досвіду взаємодії з ним та із зовнішніх ІР);

– *група користувачів* – множина користувачів, поєднаних за певним критерієм;

– *онтологія ПрО*, що характеризує сферу інформаційних потреб користувача;

– *тезаурус задачі* – множина зв'язаних термінів онтології ПрО, які стосуються поточної задачі користувача;

– *тезаурус ІР* – множина термінів тезаурусу задачі, які містяться в ІР;

– *лексична онтологія ПрО*, що містить відомості про лексеми природних мов, які відповідають термінам онтології;

– *запит* – множина ключових слів, надана користувачем;

– *тема* – група семантично пов'язаних запитів;

– *результат запиту* – множина знайдених ІР, оцінених користувачем;

– *інформаційна потреба користувача*, для задоволення якої і виконується пошук інформації;

– *ІР* – документи різних типів, до яких ІПС має доступ;

– *інформаційне середовище* – сукупність усіх доступних ІР, їх властивостей (включаючи їх оцінки користувачами) і зв'язків між ними;

– *ІО* – відомості про об'єкт з певною структурою, визначеною користувачем, що містяться в одному чи декількох ІР.

Множина $r_{\text{ter_cl}}$ ОМСП містить ієрархічні відношення між класами (наприклад, між різними підкласами класу “користувач” та класу “ІО”), множина $\{r\}$ містить відношення, специфічні для задачі пошуку, наприклад, відношення “входить до групи” дозволяє пов'язати екземпляри класу “Користувач” до екземпляру класу “Група”.

Множина T містить такі специфічні типи, як “Тезаурус” та “Онтологія”.

Використання тезаурусів для пошуку IP, семантично близьких до задачі користувача

Незважаючи на наявність великої кількості ССП із розширеними можливостями для побудови запитів, більшість користувачів надає перевагу простим запитам з ключових слів, хоча прагнуть отримувати персоналізовані результати пошуку. Але пошукові запити на основі онтологій, які дозволяють значно краще формалізувати потреби користувачів, базуються на досить складних структурованих мовах [45]. Тому виникає потреба у розробці певних проміжних засобів представлення знань, які в достатній мірі враховували семантику, але були б зрозумілі широкому колу користувачів. Пропонується використовувати для цього тезауруси та пов'язані з ними лексичні онтології [46].

Тезаурус IP – окремий випадок онтології, множина понять якого є підмножиною з тих понять онтології ПрО, які семантично пов'язані з певними елементами контенту цього IP, а множини відношень та аксіом – порожні. Тезаурус можна розглядати як онтологічний опис IP, який характеризує його семантику. З точки зору користувача, такий тезаурус – це множина слів (можливо, з певними вагами).

Для природномовних IP тезаурус може будуватися за допомогою лексичних онтологій, для мультимедійних – за їх семантичним метаописом (наприклад, в RDF). Для інших типів IP та ІО потрібні спеціалізовані методи для аналізу їх семантики. Наприклад, для Web-сервісів можуть бути методи аналізу їх моделей.

Тезаурус задачі – це теж окремий випадок онтології, множина понять якого є підмножиною понять онтології ПрО, які відповідають поточній задачі користувача.

Користувач може побудувати тезаурус задачі самостійно, обравши їх з множини понять онтології безпосередньо або за певним критерієм (наприклад, всі підкласи певного класу) або знайти їх за

природномовним описом задачі, використовуючи лексичну онтологію. Крім того, тезаурус може бути побудовано як об'єднання кількох раніше побудованих тезаурусів (при цьому можуть використовуватися тезауруси, побудовані за різними онтологіями).

Тезаурус не містить відношень між термінами, але ці відношення, присутні в базовій для нього онтології ПрО, використовуються для побудови тезаурусу. Слід зазначити, що тезауруси тієї самої задачі, побудовані за різними онтологіями ПрО, можуть значно різнитися.

Важливо, що тезаурусну модель IP досить просто зрозуміти навіть некваліфікованим користувачам, які можуть проглядати та модифікувати такі набори термінів.

В процесі пошуку тезауруси дозволяють визначити семантичну близькість між задачею користувача та тими IP, які були знайдені за ключовими словами, тобто виконується порівняння ІО різних типів за їх тезаурусними моделями [47]. Відповідно до отриманих значень семантичної результати пошуку перевпорядковуються. Цей алгоритм складається з наступних кроків (рис.1):

– користувач вводить запит, ідентифікуючи свою інформаційну потребу за допомогою набору ключових слів;

– запит передається до зовнішньої ПС, від якої отримують його результати, його виконання – п посилань на IP та їхні анотації;

– якщо множина запитів містить більше одного IP, то потрібно встановити порядок надання їх користувачеві, порівнявши тезауруси цих IP з тезаурусом задачі та отримавши коефіцієнти їх семантичної близькості.

Значення коефіцієнту семантичної близькості між тезаурусом задачі T_{task} , якому відповідає набір термінів ПрО, що цікавить користувача,

$$T_{task} = \{t_m\}, \quad m = \overline{1, q},$$

та тезаурусами знайдених IP

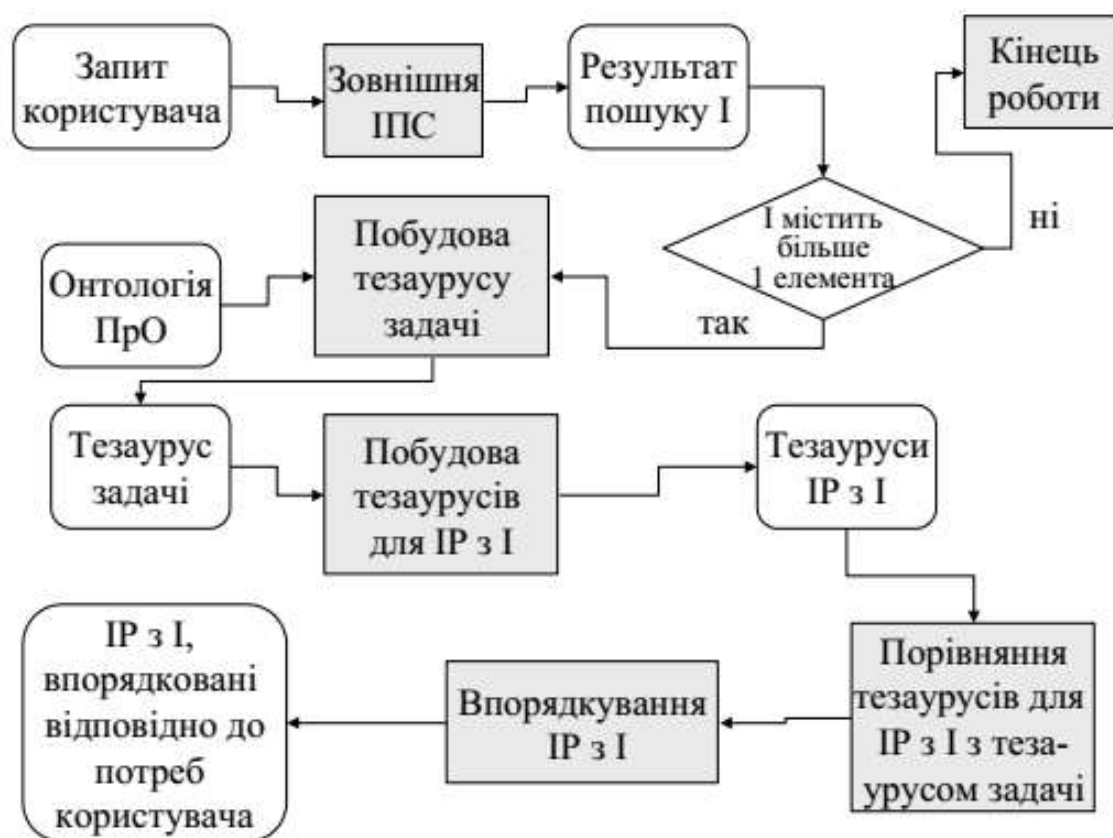


Рис. 1. Алгоритм семантичного впорядкування результатів пошуку на основі тезаурусів

$$Ts(IP_j) = \langle T_{j_x}, \emptyset \rangle, \quad j = \overline{1, n}$$

обчислюється наступним чином:

$$K_j = \sum_{m=1}^q \sum_{w=1}^{w_j} f(t_{j_w}, t_m),$$

$m = \overline{1, q}$, $w = \overline{1, w_j}$, w_j – кількість елементів у словнику тезаурусу j -го ІР, q – кількість елементів у словнику тезаурусу задачі, а

$$f(t_1, t_2) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t_1 \neq t_2 \\ 1, & \text{якщо } t_1 = t_2 \end{cases}$$

Можуть використовуватися й більш складні формули, що враховують відносну важливість різних термінів, їх кількість та місцезнаходження в ІР, обсяг самих ІР тощо.

Новизну запропонованого підходу підтверджує [48]. Тезаурус задачі може використовуватися також для семантичної розмітки знайдених ІР, виділяючи

фрагменти, пов'язані із задачею користувача.

Якщо семантичний пошук застосовується для пошуку типів ІО, відмінних від природномовних ІР, тоді замість тезаурусів ІР застосовують онтологічні описи цих ІО.

Даний підхід орієнтований на окремий випадок пошуку:

- користувач має сталі інформаційні потреби у певній ПрО, в якій він досить обізнаний;

- користувач має певну задачу, пов'язану з цією ПрО (та опис цієї задачі), і для рішення цієї задачі йому потрібно виконувати різноманітні запити (можливо, повторювати їх або здійснювати з невеликими модифікаціями);

- інформаційні потреби користувача досить специфічні, і тому йому потрібні персоналізовані, а не усереднені результати пошуку;

- користувач не є спеціалістом зі знань, і тому йому складно використовувати структуровані пошукові запити;

– користувач здатний досить чітко класифікувати, які саме ІО він прагне отримати (наприклад, наукові статті, програмні продукти або навчальні спеціальності);

– користувач згоден одноразово витратити певний час на опис своєї задачі, щоб потім постійно використовувати його у запитах.

Всім цим вимогам відповідає, наприклад, науково-дослідна діяльність (тоді опис задачі – це план робіт) або отримання освіти за певною спеціальністю.

Програмна реалізація

Для апробації запропонованих методів застосування онтологій у семантичному пошуку була розроблена система МАПС [49, 50], що орієнтована на користувачів, які мають в мережі сталі інформаційні інтереси та потребують постійного надходження відповідної інформації. У розробці системи застосовувалися елементи Semantic Web.

МАПС – це метапошукова система, що призначена для пошуку інформації у відносно вузьких ПрО, пов'язаних з професійними чи науковими інтересами користувачів. Основою МАПС є технології Semantic Web, зокрема мова подання онтологій OWL, і засоби її обробки. Для подання знань, що цікавлять користувача, використовуються онтології ПрО та тезауруси задач, що базуються на них (рис. 2). При цьому тезаурус будується користувачем за відповідною онтологією самостійно, а онтологія ПрО обирається з набору онтологій, запропонованих на сайті розробниками системи. МАПС надає можливість зберігати й повторно виконувати запити, з огляду на реакцію користувача на раніше запропоновані йому ІР (персональна фільтрація), відстежувати появу аналогічних запитів в інших користувачів (коллаборативна фільтрація), зберігати формальний опис сфери інтересів користувача у вигляді онтології (семантична фільтрація) тощо.

МАПС використовує онтологічну модель семантичного пошуку, яка формалізує відношення між такими його основними об'єктами, як користувач, інформаційний ресурс, запит, інформаційна потреба тощо. Більш детально ця модель описана в [18].

МАПС дозволяє покращити результати пошуку, отримані від зовнішньої ІПС, завдяки:

- орієнтованості системи на користувачів, які мають у мережі сталі інформаційні інтереси та потребують постійного надходження відповідної інформації з обраної ПрО;
- застосуванню програмних агентів користувацького інтерфейсу, які здатні діяти в динамічному середовищі, враховуючи персональні особливості користувача;
- використанню зовнішніх онтологічних баз знань, які містять відомості щодо ПрО пошуку та структурі ІО, які шукає користувач.

Слід зазначити, що в МАПС агентний підхід використовується в першу чергу як парадигма опису поведінки складної системи, а не як технологічна платформа програмування. Поведінка інтелектуальних агентів описується через інтенціональні відношення, а їх функції – з використанням сервіс-орієнтованої архітектури.

Проведені експерименти дозволяють показати переваги семантичного пошуку в порівнянні з традиційними пошуковими машинами. Порівнювалися результати пошуку за тими самими запитами у Google та їх упорядкування у МАПС. Через те, що пошук здійснювався на одній індексній базі (Google), повнота та абсолютна точність пошуку збігаються, але значно відрізняється умовна точність пошуку для 10, 20 та 30 документів: МАПС автоматизує ту роботу, яку зазвичай виконує користувач, проглядаючи сторінки з результатами пошуку.

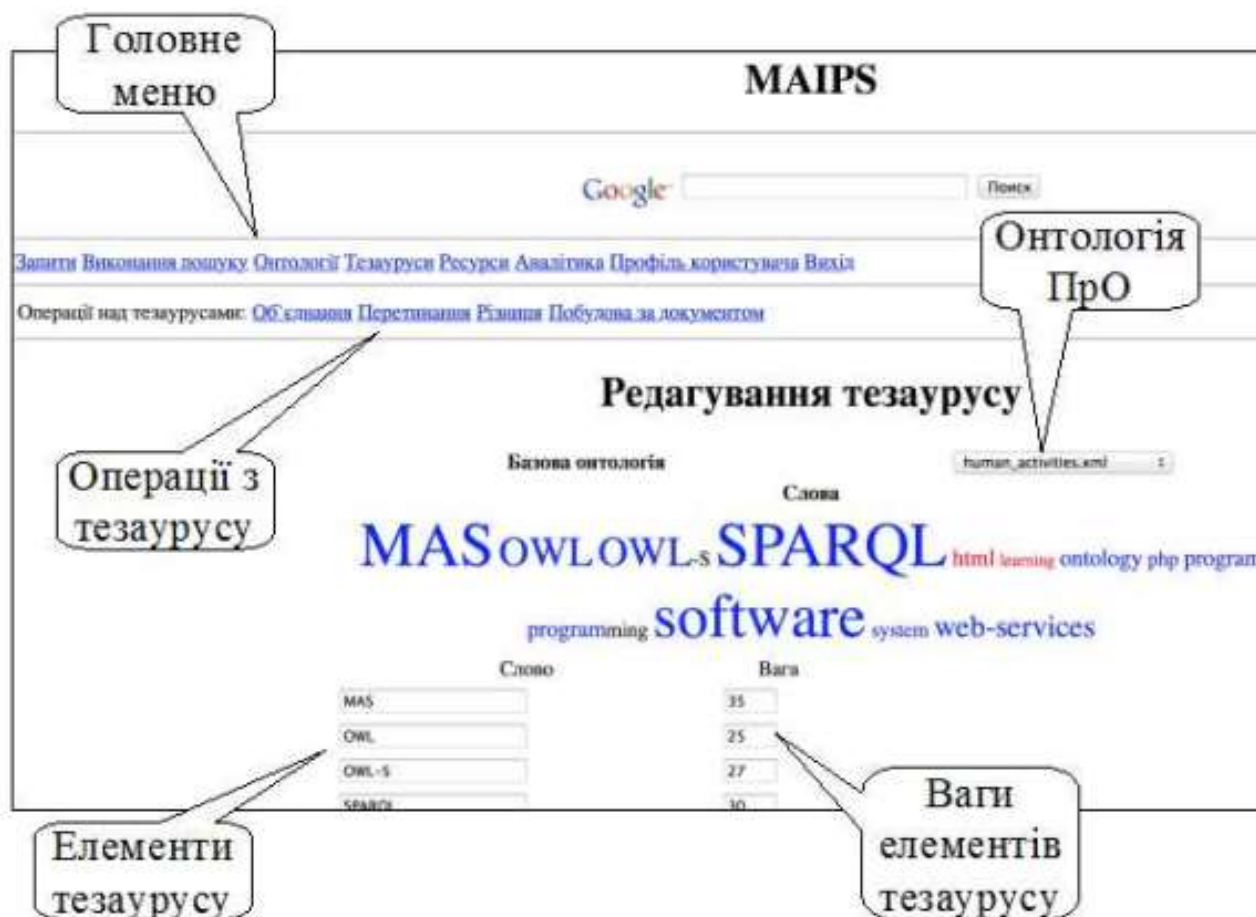


Рис. 2. Користувацький інтерфейс МАІПС

Семантичні Wiki-ресурси як джерело онтологічних знань

Одна з суттєвих проблем семантичного пошуку (наприклад, при використанні МАІПС), – це знаходження онтології, яка найбільш адекватно відображає сферу інтересів користувача. Якщо використовувати більш широку онтологію, то це не тільки значно збільшує час обробки, але й ускладнює роботу самого користувача з відбору важливих для нього понять та відношень. З іншого боку, створювати онтології самостійно для більшості користувачів надто складно. Тому виникає потреба в засобах автоматизованої генерації онтологій за тими IP, які користувач вважає релевантними цікавлячий його ПрО.

Слід зазначити, що здобувати онтологічні знання значно простіше не з природномовних або мультимедійних IP, а з тих, які вже структуровані та мають якусь семантичну розмітку. При цьому

доцільно орієнтуватися на розповсюджені та зрозумілі для користувачів форми подання інформації. Обом цим умовам задовольняють семантичні Wiki-ресурси.

Semantic Wiki базується на Wiki-технології [51], яка забезпечує розподілену обробку інформації в Web і дозволяє користувачам вільно редагувати контент сторінок. Semantic MediaWiki (SMW) – семантичне розширення MediaWiki – дозволяє додавати семантичні анотації до Wiki-сторінок, та використовує такі елементи розмітки, як семантичні властивості (для створення даних) та семантичні запити (для використання даних).

Семантичні Wiki-ресурси досить легко інтегрувати з відповідними онтологіями ПрО: онтологія може використовуватися як основа для ієрархії категорій у Wiki, а за множиною Wiki-сторінок можна згенерувати онтологію, здобувши знання інформацію з семантичної розмітки цих сторінок. Тому було розроблено метод автоматизованої генерації та/або

вдосконалення онтології ПрО за набором Вікі-сторінок, де користувач може явно визначити, які саме теги семантичної розмітки потрібно враховувати [52].

Рішення такої задачі включає співставлення відповідних онтологій ПрО і семантичних Вікі-ресурсів. Змістовно Вікі-ресурси та онтологія відображають ту ж саму ПрО, але ці засоби мають різну виразну здатність та різний рівень зрозумілості для користувача.

Класам онтології ПрО в Semantic MediaWiki відповідають категорії, шаблони та форми. Вікі-сторінкам відповідають екземпляри класу онтології, але одна сторінка може бути пов'язана з кількома різними екземплярами онтології (як правило, різних класів), тому що у багатьох випадках екземпляр класу онтології безпосередньо пов'язаний тільки з певним фрагментом Вікі-сторінки. Посилання на іншу Вікі-сторінку відповідають об'єктній властивості онтології "Посилання", а семантичні властивості типу «сторінка» – іншим об'єктним властивостям онтології. Семантичні властивості будь-якого іншого типу у Semantic MediaWiki відповідають властивостям даних в онтології.

Автоматична побудова нової OWL-онтології за Semantic MediaWiki не дозволяє генерувати характеристики класів і властивостей, що не мають аналогів у Вікі (зокрема, про еквівалентність класів і властивостей, наявність або відсутність перетину, про їхню область значення і визначення).

Описаний вище підхід було апробовано для рішення задачі забезпечення прозорості рамок кваліфікацій [53] для автоматизованого вдосконалення онтологічної моделі компетенцій на основі релевантних Вікі-ресурсів з семантичною розміткою [54], яке базувалося на методі співставленні компетенцій, запропонованому в [55] з використанням методів з [56].

Висновки

Аналіз досліджень у сфері розробки розподілених ІС показує актуальність

інтеграції таких напрямків, як агентно-орієнтоване програмування, застосування інтелектуальних Web-сервісів та онтологічний аналіз. Вивчення наявних засобів керування знаннями у Web, аналіз технологій і стандартів Semantic Web підтвердили доцільність їх використання для семантичного пошуку.

Ефективність використання запропонованої у роботі онтологічної моделі семантичного пошуку для окремих типів пошукових задач була доведена в результаті розробки дослідного прототипу інформаційно-пошукової системи, яка використовує у процесі пошуку онтології та тезауруси для опису ПрО, що цікавить користувача, та тих інформаційних об'єктів, які йому потрібні для рішення поточних задач. Запропоновано шляхи інтеграції розроблених засобів семантичного пошуку з іншими ІС на основі використання агентних технологій та сервіс-орієнтованих обчислень.

1. Gilbert N., Bankes S. Platforms and methods for agent-based modeling. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(suppl 3). 2002. P. 7197–7198.
2. Cowles P. Web Services and the Semantic Web. http://ezolin.pisem.net/logic/ws_and_sw_rus.html.
3. Вікіпедія. <https://uk.wikipedia.org/wiki>.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
5. Warren P. Knowledge Management and the Semantic Web: From Scenario to Technology IEEE Intelligent Systems. 2006. Vol. 21, N 1. P. 53–59.
6. Хорошевский В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web. Часть 1. Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. С. 80–97. <http://xrumer.raai.org/library/aidt/aidt2008-1/aidt2008-1.files/2008-1-80-97.pdf>
7. Sabou M., d'Aquin M., Motta E. Exploring the semantic web as background knowledge

- for ontology matching. *Journal on Data Semantics*. 2008.
8. Davies J., Fensel D., van Harmelen F. Towards the Semantic Web: Ontology-driven knowledge. John Wiley & Sons Ltd, England, 2002. 288 p.
 9. Berners-Lee T., Hendle J., Lassil O. The semantic web. *Scientific american*. 284(5). 2001. P. 28–37. <https://pdfs.semanticscholar.org/566c/1c6bd366b4c9e07fc37eb372771690d5ba31.pdf>.
 10. W3C Semantic Web Activity. Режим доступу : <http://www.w3.org/2001/sw/Activity/>.
 11. Introduction to Semantic Web. <http://www.mphasis.com/knowledge-center/white-papers-all.asp>.
 12. Lassila O., Swick R. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification, W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>.
 13. OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax. Section 2. Abstract Syntax. <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/syntax.html>.
 14. Davies J., Fensel D., van Harmelen F. Towards the Semantic Web: Ontology-driven knowledge management. John Wiley & Sons Ltd, England. 2002. 288 p.
 15. Gruber T. R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*. 1995. Vol. 43, Issues 5–6. P. 907–928.
 16. Ushold M., Gruninger M. Ontologies: Principles, Methods and Applications, Knowledge Engineering Review, 1996. Vol. 11, N 2.
 17. Guarino N. Formal Ontology in Information Systems. *Proceedings of FOIS'98*. 1998. P. 3–15.
 18. Рогушина Ю.В., Гладун А.Я., Осадчий В.В., Прийма С.М. Онтологічний аналіз у Web. Монографія. Мелітополь: МДУПУ ім. Б. Хмельницького. 2015. 407 с.
 19. Krafzig D., Banke K., Slama K. Enterprise SOA: service-oriented architecture best practices. *Prentice Hall Professional*. 2005. 378 p.
 20. Cowles P. Web Services and the Semantic Web. http://ezolin.pisem.net/logic/ws_and_sw_rus.html.
 21. Martin D., Burstein M., Lassila O., Paolucci M., Payne T., McIlraith S. Describing Web Services using OWL-S and WSDL. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.0/owl-s-wsdl.html>.
 22. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Семантичні технології: принципи та практики. К.: ТОВ "ВД "АДЕФ-Україна". 2016. 308 с. <http://eprints.isoftware.kiev.ua/669/>.
 23. Franklin S., Graesser A. Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. *Intelligent agents III Int. Workshop on Agents Theories, Arch. and Languages*. 1997. P. 21–35.
 24. Shoham Y. Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*. 1993. N 60. P. 51–92.
 25. Ndumu D.T., Nwana H.S. Research and Development Challenges for Agent-Based Systems. *Software Engineering. IEE Processing*. 1997. Vol. 144. P. 2–10.
 26. Плєскач В.Л., Рогушина Ю.В. Агентні технології. Монографія. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2005. 338 с.
 27. Рогушина Ю.В. Використання онтологічних знань інтелектуальними агентами. *Проблеми програмування*. 2017. № 2. С. 82–95.
 28. Davies J., Fensel D., van Harmelen F. Towards the Semantic Web: Ontology-driven knowledge management. *John Wiley & Sons Ltd*, England. 2002. 288 p.
 29. Baeza-Yates R., A. Raghavan R. Next generation Web search, S. Ceri and M. Brambilla, editors, Search Computing, Springer, 2010. P. 11–23.
 30. Fazzingaa B., Lukaszewicz T. Semantic search on the Web. *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability*. 2010. N 1. P. 1–7.
 31. Kasneci G., Suchanek F.M., Ifrim G., Ramanath M., Weikum G. NAGA: Searching and ranking knowledge. *Proc. ICDE-2008, IEEE Computer Society*, 2008. P. 953–962.
 32. Oren E., Gueret C., Schlobach S. Anytime query answering in RDF through evolutionary algorithms. *Proc. ISWC- 2008, LNCS 5318, Springer*, 2008. P. 98–113.
 33. Cheng G., Ge W., Qu Y. Falcons: Searching and browsing entities on the Semantic Web. *Proc. WWW-2008, ACM Press*, 2008. P. 1101–1102.
 34. Lei Y., Uren V. S., Motta E. SemSearch: A search engine for the Semantic Web. *Proc. EKAW-2006, LNCS 4248, Springer*, 2006. P. 238–245.
 35. Harth A., Hogan A., Delbru R., Umbrich J., O’Riain S., Decker S. SWSE: Answers before links. *Proc. Semantic Web Challenge 2007, CEUR Workshop Proceedings 295. CEUR-WS.org*, 2007.
 36. Damljanovic D., Agatonovic M., Cunningham H. Natural language interface to ontologies:

- Combining syntactic analysis and ontology-based lookup through the user interaction. *Proc. ESWC-2010, Part I, LNCS 6088*. 2010. P. 106–120.
37. Zenz G., Zhou X., Minack E., Siberski W., Nejd W. From keywords to semantic queries. Incremental query construction on the Semantic Web. *J. Web Sem.*, 7(3): 2009. P. 166–176.
 38. Heflin J., Hendler J.A., Luke S. SHOE: A blueprint for the Semantic Web. In D. Fensel, W. Wahlster, and H. Lieberman, editors. *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*, MIT Press. 2003. P. 29–63.
 39. Thomas E., Pan J.Z., Sleeman D. H. ONTOSEARCH2: Searching ontologies semantically. *Proc. OWLED-2007, CEUR Workshop Proceedings 258*. CEUR-WS.org, 2007.
 40. Finin T. W., Ding L., Pan R., Joshi A., Kolari P., Java A., Peng Y. Swoogle: Searching for knowledge on the Semantic Web. *Proc. AAAI-2005, AAAI Press*. MIT Press, 2005. P. 1682–1683.
 41. Рогушина Ю. В. Семантичний пошук у Web на основі онтологій: розробка моделей, засобів і методів. Мелітополь: МДУ-ПУ ім. Б. Хмельницького. 2015. 291 с.
 42. Рогушина Ю.В. Класифікація засобів та методів семантичного пошуку в Web. *Проблеми програмування*. 2017. № 1. С. 30–50.
 43. Tudorache T., Nyulas C., Noy N. F., Musen M. A. WebProtégé: A collaborative ontology editor and knowledge acquisition tool for the web. *Semantic web*. 2013. 4(1). P. 89–99. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3691821/>.
 44. Рогушина Ю.В. Знание-ориентированные средства поддержки семантического поиска в Web. *LAP LAMBERT Academic Publishing*. 2014. 214 с.
 45. Fazzinga B., Gianforme G., Gottlob G., Lukasiewicz T. Semantic Web search based on ontological conjunctive queries. *Proc. FoIKS-2010, LNCS 5956*, Springer, 2010. P. 153–172.
 46. Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы. Казань: КГУ. 2006.
 47. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Формирование тезауруса предметной области как средства моделирования информационных потребностей пользователя при поиске в Интернете Вестник компьютерных и информационных технологий. М.: № 1. 2007.
 48. Патент на корисну модель №113890 “Спосіб персоніфікованого пошуку інформації”.
 49. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 32068 Рогушина Ю.В., Гришанова І.Ю. Літературний твір наукового характеру "Модель мультиагентної інформаційно-пошукової системи "МАПС"("Модель МАПС").
 50. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 32015. Гришанова І.Ю., Рогушина Ю.В. Комп'ютерна програма "Мультиагентна інформаційно-пошукова система "МАПС"("МАПС").
 51. Wagner C. Wiki: A technology for conversational knowledge management and group collaboration. *The Communications of the Association for Information Systems*. 2004. Vol. 13(1). P. 264–89.
 52. Rogushina J. Semantic Wiki resources and their use for the construction of personalised ontologies. *Proc. of the 10th International Conference of Programming UkrPROG'2016*, 2016. P. 196–203. <http://ceur-ws.org/Vol-1631/188-195.pdf>.
 53. Rogushina J., Pryima S. Use of ontologies and the Semantic Web for qualifications framework transparency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 1/2 (85). P. 25–30.
 54. Rogushina J.V, Pryima S.M. Development of methods for support of qualification frameworks transparency based on semantic technologies. *Information Technologies and Learning Tools*. 2017. Vol. 59, N. 3. P. 201–210.
 55. Rogushina J.V., Gladun A.Y. Ontological Approach to Matching of the Domain Competence of Specialists for Research Projects. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» OSTIS-2017. Минск. БГУИР. 2017. С. 133–138.
 56. Рогушина Ю.В. Сопоставление семантических информационных ресурсов web на основе онтологического анализа. *International Journal "Information Technologies & Knowledge"*. 2017. Vol. 11, N 1. P. 49–71. <http://www.foibg.com/ijitk/ijitk-vol11/ijitk11-01-p03.pdf>.

References

1. Gilbert N., Bankes S. (2002) Platforms and methods for agent-based modeling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3), P. 7197–7198.
2. Cowles P. Web Services and the Semantic Web. http://ezolin.pisem.net/logic/ws_and_sw_rus.html.
3. Wikipedia. <https://uk.wikipedia.org/wiki>. [in Ukrainian].
4. Gavrilova T.A., Choroshevsky V.F. (2000) Knowledge bases of intelligent systems. SPb.: Piter. [in Russian].
5. Warren P. (2006) Knowledge Management and the Semantic Web: From Scenario to Technology. *IEEE Intelligent Systems*, V. 21, N 1. P. 53–59.
6. Choroshevsky V.F. (2008) Knowledge spaces on the Internet and the Semantic Web (Part 1). *Artificial Intelligence and Decision Making*, 1. P. 80–97. <http://xruener.raai.org/library/aidt/aidt2008-1/aidt2008-1.files/2008-1-80-97.pdf> [in Russian].
7. Sabou M., d'Aquin M., Motta E. (2008) Exploring the semantic web as background knowledge for ontology matching. *Journal on Data Semantics*.
8. Davies J., Fensel D., van Harmelen F. (2002) *Towards the Semantic Web: Ontology-driven knowledge*. John Wiley & Sons Ltd, England, 288 p.
9. Berners-Lee T., Hendle J., Lassila O. (2001) The semantic web. *Scientific american*, 284(5). P. 28–37. <https://pdfs.semanticscholar.org/566c/1c6bd366b4c9e07fc37eb372771690d5ba31.pdf>.
10. W3C Semantic Web Activity. Режим доступу : <http://www.w3.org/2001/sw/Activity/>.
11. Introduction to Semantic Web. <http://www.mphasis.com/knowledge-center/white-papers-all.asp>.
12. Lassila O., Swick R. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>.
13. OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax. Section 2. Abstract Syntax. <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/syntax.html>.
14. Davies J., Fensel D., van Harmelen F. (2002) *Towards the Semantic Web: Ontology-driven knowledge management*. John Wiley & Sons Ltd, England, 288 p.
15. Gruber T. R. (1995) Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 43, Issues 5–6. P. 907–928.
16. Ushold M., Gruninger M. (1996) *Ontologies: Principles, Methods and Applications*, Knowledge Engineering Review. V. 11. N 2.
17. Guarino N. (1998) Formal Ontology in Information Systems. *Proceedings of FOIS'98*, P. 3–15.
18. Rogushina J.V., Gladun A.Ya., Osadchiy V.V., Pryima S.M. (2015) Ontological analysis into the Web, Melitopol: Bogdan Hmel'nitsky MDPU, . – 407 p. [in Ukrainian]
19. Krafzig D., Banke K., Slama K. (2005) *Enterprise SOA: service-oriented architecture best practices* / Prentice Hall Professional, 378 p.
20. Cowles P. Web Services and the Semantic Web. http://ezolin.pisem.net/logic/ws_and_sw_rus.html.
21. Martin D., Burstein M., Lassila O., Paolucci M., Payne T., McIlraith S. Describing Web Services using OWL-S and WSDL. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.0/owl-s-wsdl.html>.
22. Gladun A.Y., Rogushina J.V. *Semantic technologies: principles and practices*. K.: ADEF-Ukraine, 2016. 308 p. [in Ukrainian].
23. Franklin S., Graesser A. (1997) Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. *Intelligent agents III Int. Workshop on Agents Theories, Arch. and Languages*, P. 21–35.
24. Shoham Y. (1993) Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, N 60. P. 51–92.
25. Ndumu D.T., Nwana H.S. (1997) Research and Development Challenges for Agent-Based Systems. *Software Engineering, IEE Processing*, V. 144. P. 2–10.
26. Pleskach, V.L., Rogushina, J.V. (2005) *Agent technologies*, Kyiv. KNTU. 338 p. [in Ukrainian].
27. Rogushina J.V. (2017) Use of ontological knowledge by intelligent agents. *Problems of programming*, N 2. P. 82–95.
28. Davies J., Fensel D., van Harmelen F. (2002) *Towards the Semantic Web: Ontology-driven knowledge management*. John Wiley & Sons Ltd, England, 288 p.
29. Baeza-Yates R., A. Raghavan R. (2010) *Next generation Web search*, S. Ceri and M. Brambilla, editors, *Search Computing*, Springer, P. 11–23.

30. Fazzingaa B., Lukasiewicz T. (2010) Semantic search on the Web. *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability*, N 1, P. 1–7.
31. Kasneci G., Suchanek F.M., Ifrim G., Ramanath M., Weikum G. (2008) NAGA: Searching and ranking knowledge. *Proc. ICDE-2008*, IEEE Computer Society. P. 953–962.
32. Oren E., Gueret C., Schlobach S. (2008) Anytime query answering in RDF through evolutionary algorithms. *Proc. ISWC-2008*, LNCS 5318, Springer, P. 98–113.
33. Cheng G., Ge W., Qu Y. (2008) Falcons: Searching and browsing entities on the Semantic Web/ *Proc. WWW-2008*, ACM Press, P. 1101–1102.
34. Lei Y., Uren V. S., Motta E. (2006) SemSearch: A search engine for the Semantic Web. *Proc. EKAW-2006*, LNCS 4248, Springer, P. 238–245.
35. Harth A., Hogan A., Delbru R., Umbrich J., O’Riain S., Decker S. (2007) SWSE: Answers before links. *Proc. Semantic Web Challenge 2007*, CEUR Workshop Proceedings 295. CEUR-WS.org.
36. Damljjanovic D., Agatonovic M., Cunningham H. (2010) Natural language interface to ontologies: Combining syntactic analysis and ontology-based lookup through the user interaction. *Proc. ESWC-2010, Part I*, LNCS 6088, P. 106–120.
37. Zenz G., Zhou X., Minack E., Siberski W., Nejd W. (2009) From keywords to semantic queries. Incremental query construction on the Semantic Web. *J. Web Sem.*, 7(3), P. 166–176.
38. Heflin J., Hendler J. A., Luke S. (2003) SHOE: A blueprint for the Semantic Web. In D. Fensel, W. Wahlster, and H. Lieberman, editors. *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*, MIT Press, P. 29–63.
39. Thomas E., Pan J. Z., Sleeman D. H. (2007) ONTOSEARCH2: Searching ontologies semantically. *Proc. OWLED-2007*, CEUR Workshop Proceedings 258. CEUR-WS.org.
40. Finin T. W., Ding L., Pan R., Joshi A., Kolari P., Java A., Peng Y. (2005) Swoogle: Searching for knowledge on the Semantic Web. *Proc. AAI-2005*, AAI Press / MIT Press, P. 1682–1683.
41. Rogushina J.V. Semantic retrieval for Web on base of ontologies: design of models, tools and methods. Melitopol: Bogdan Hmelniysky MDPU, 2015. 291 p. [in Ukrainian].
42. Rogushina J.V. (2017) Classification of means and methods of the Web semantic retrieval. *Problems of programming*. N 1, P. 30–50. [in Ukrainian].
43. Tudorache T., Nyulas C., Noy N. F., Musen M. A. (2013) WebProtégé: A collaborative ontology editor and knowledge acquisition tool for the web. *Semantic web*, 4(1). P. 89–99. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3691821/>.
44. Rogushina J.V. (2014) Knowledge-oriented means of the Web semantic retrieval support. LAP LAMBERT Academic Publishing, 214. [in Russian].
45. Fazzingaa B., Gianforme G., Gottlob G., Lukasiewicz T. (2010) Semantic Web search based on ontological conjunctive queries. *Proc. FoIKS-2010*, LNCS 5956, Springer, P. 153–172.
46. Dobrov B.V., Ivanov V.V., Lucashevich N.V., Soloviev V.D. (2006) Ontologies and thesauri. Kazan, KGU. [in Russian].
47. Gladun A.Ya., Rogushina J.V. Formation of the domain thesaurus as a means of modeling the user information needs during the Internet searching. *The Journal of Computer and Information Technologies*, Moscow, N 1, 2007. [in Russian].
48. Patent for Utility Model No. 113890 "Personified Finding Information" [in Ukrainian].
49. Certificate of registration of copyright law on the work №32068 Rogushina J.V., Grishanova I.Yu. The literary work of the scientific character "Model of the multiagent information retrieval system "MAIPS" ("Model MAIPS"). [in Ukrainian].
50. Certificate of registration of copyright law on the product number 32015. Grishanova I.Yu., Rogushina J.V. Computer program "Multi-agent information retrieval system MAIPS" ("MAIPS"). [in Ukrainian].
51. Wagner C. (2004) Wiki: A technology for conversational knowledge management and group collaboration. *The Communications of the Association for Information Systems*. V. 13(1). P. 264–89.
52. Rogushina J. (2016) Semantic Wiki resources and their use for the construction of personalised ontologies. *Proc. of the 10th International Conference of Programming UkrPROG'2016*, P. 196–203. – <http://ceur-ws.org/Vol-1631/188-195.pdf>.
53. Rogushina J., Pryima S. (2017) Use of ontologies and the Semantic Web for qualifications framework transparency.

- Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/2 (85), P. 25–30.
54. Rogushina J.V, Pryima S.M. (2017) Development of methods for support of qualification frameworks transparency based on semantic technologies. Information Technologies and Learning Tools. V. 59, N. 3. P. 201–210.
55. Rogushina J.V., Gladun A.Y. (2017) Ontological Approach to Matching of the Domain Competence of Specialists for Research Projects. OSTIS-2017, Minsk, P. 133–138.
56. Rogushina J.V. (2017) Comparison of the semantic information resources of the web on base of the ontological analysis . International Journal "Information Technologies & Knowledge". 2017. Vol. 11, N 1. P. 49–71. <http://www.foibg.com/ijtk/ijtk-vol11/ijtk11-01-p03.pdf>. [in Russian].

Одержано 11.07.2017

Про автора:

Рогущина Юлія Віталіївна,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник.
Кількість наукових публікацій в
українських виданнях – 140.
Кількість наукових публікацій в
зарубіжних виданнях – 30.
Індекс Хірша – 10.
<http://orcid.org/0000-0001-7958-2557>.

Місце роботи автора:

Інститут програмних систем
НАН України,
03181, Київ-187,
проспект Академіка Глушкова, 40.
Тел.: 066 550 1999.

E-mail: ladamandraka2010@gmail.com