

І.В. Кириченко, І.Ю. Шубін

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

КОНЦЕПЦІЯ ПОШУКОВОЇ СИСТЕМИ АГЕНТНОГО ТИПУ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

У цій статті представлено концепцію пошукової системи на базі мультиагентного підходу для систем електронного навчання. Визначено основні функції мультиагентної системи інформаційного пошуку навчальних ресурсів, запропоновано компонентну архітектуру на чотирьох типах агентів: краулер, оцінювач, індексатор та координатор. Пошук навчальних об'єктів розглянуто з трьох аспектів: пошук архівів (репозитаріїв), пошук навчального контенту в одному архіві та пошук навчальних ресурсів. Виділені задачі доповнюють одна одну та разом реалізують функцію пошуку у багатьох архівах, що є однією з важливих складових колаборативної системи електронного навчання. Запропоновано ідею поступового звуження простору пошуку на основі використання методу компараторної ідентифікації. Компаратор дозволяє реалізувати оцінку результату пошуку на основі предикату еквівалентності з використанням предметної онтології. Отримані результати можуть бути використані для реалізації агентної системи інтелектуального пошуку навчальних об'єктів в системах електронного навчання.

Ключові слова: інформаційний пошук, пошукова система, мультиагентний підхід, електронне навчання, дескрипторний пошук, компараторна ідентифікація.

Вступ

Постановка проблеми. В Україні постійно зростає інтерес до систем електронного навчання, розроблено багато курсів, які орієнтовані на використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для навчання. Тому питання ефективної організації таких систем є достатньо актуальним. Електронне навчання – це форма навчання, за якої основні носії навчальної інформації є електронними ресурсами, а засоби спілкування викладача та студентів ґрунтуються на використанні інформаційно-комунікаційних технологій, насамперед комп'ютерної техніки, мережових технологій, зокрема Інтернет [1].

Важливою складовою якісної системи підтримки електронного навчання є спеціалізоване програмне забезпечення, яке повинне забезпечити колаборативний сценарій використання навчального середовища. Високі вимоги до колаборативних систем підтримки електронної освіти потребують програмних рішень з гнучкою архітектурою [2]. Найбільш типовим рішенням щодо гнучкої архітектури є компонентно-орієнтована архітектура (рис. 1), запропонована в [3].

Організація агентної системи електронного навчання надає переваги щодо індивідуалізації та адаптації навчального процесу до потреб користувача. Загалом можна виділити такі складові електронної навчальної системи: пошук навчального контенту, доставка навчального контенту, збереження, формування навчальної траєкторії, контроль, інтерфейс користувача та інше.

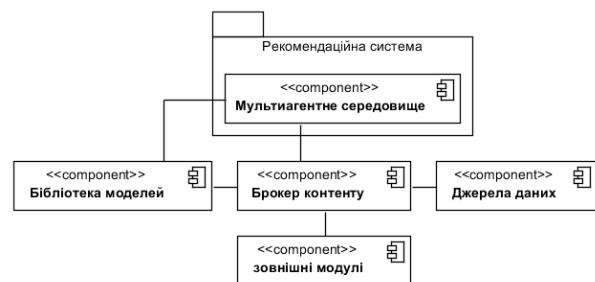


Рис. 1. Архітектура колаборативної системи [3]

Користувачі колаборативної системи електронного навчання прагнуть використовувати матеріали із численних джерел. Для забезпечення цього повинні існувати механізми, які дозволяють знаходити та використовувати необхідні матеріали як в локальних архівах, так і в мережі Інтернет.

Пошук навчального контенту для інтеграції та багаторазового використання є одним з важливих завдань вбудованих інтелектуальних інформаційних агентів. Сучасні дослідники поділяють проблему пошуку навчальних об'єктів на два типи задач:

- 1) пошук навчальних ресурсів у єдиному локальному архіві;
- 2) розподілений пошук навчальних об'єктів у мережі Інтернет.

Вирішення першої задачі призвело до певних теоретичних та практичних результатів [5], що дозволяє впроваджувати їх застосування в системах підтримки електронного навчання. Друга проблема поки що не має ефективного вирішення на основі узагальненого теоретичного підходу. Це призводить до необхідності дослідження процесів пошуку даних

у мережі Інтернет, а також розробки теоретичних засад вирішення задачі пошуку начальних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рекомендаційна система багатоагентного типу дозволяє агрегувати набір автоматизованих та орієнтованих на користувача підходів для контролю за семантичними ресурсами. Різні класи агентів і методи їх взаємодії розглядалися в роботах багатьох науковців, наприклад, Д. Кеннеді і Р. Еберхарта, Д. Фербера, В. Бреннера, В. Хорошевського, В. Городецького, В. Тарасова і ряду інших авторів [4; 6–8]. Серед українських авторів можна відзначити В.А. Єрмолаєва, М.М. Глибовця, С.С. Гороховського, О.В. Прохорова та ін. [9–10]. Разом з тим, переважна більшість існуючих реалізацій агентного підходу охоплює сфери електронної комерції та інформаційного пошуку [11–12], також увагу дослідників приділено проблемам розподіленої обробки даних [13].

Одним з ключових понять, що характеризує вибір тієї чи іншої моделі аналізу текстової інформації, а також реалізацію конкретного варіанту пошуку, є модель пошуку. Модель пошуку – це поєднання наступних складових:

- спосіб подання документів;
- спосіб подання пошукових запитів;
- вид критерію релевантності документів.

Варіації цих складових визначають велике число різних реалізацій систем текстового пошуку. Розглянемо деякі з них, найбільш популярні в даний час. Найпростіші моделі пошуку – це моделі, в яких документ представляється у вигляді набору асоційованих з ним зовнішніх атрибутів. До найпростіших моделей пошуку належить модель дескрипторного пошуку і модель, основана на Дублінському ядрі [14]. У найпростіших системах дескрипторного пошуку уявлення документа описується сукупністю слів або словосполучень лексики предметної області, які характеризують зміст документа. Ці слова і словосполучення називаються дескрипторами. Індексвання документа в таких системах реалізується призначенням для нього сукупності дескрипторів. У деяких дескрипторних системах індексвання документів здійснюється вручну експертами в предметній галузі, в інших воно виконується автоматично. Представлення документа в дескрипторних системах називається пошуковим образом документа [14–15].

Дублінське ядро (Dublin Core) – це набір елементів метаданих, зміст яких зафіксовано в специфікації стандарту [14]. У термінах значень цих елементів можна описувати зміст різного роду текстових документів. Первісна версія Дублінського ядра була запропонована в 1995 році на проведеному в Дубліні (США) симпозиумі, організованому Online Computer Library Center (OCLC) і National Center for

Supercomputing Applications (NCSA) для опису інформаційних ресурсів бібліотечних систем [15].

У моделі пошуку, основаної на Дублінському ядрі, поданням k -го документа є множина пар

$$D_k = \{(N_{ik}, V_{ik})\},$$

де N_{ik} – ім'я i -го елемента метаданих в описі змісту k -го документа;

V_{ik} – значення цього елемента метаданих.

Представленням запиту також є множина пар деяких елементів Дублінського ядра і їх значень

$$Q = \{(N_j, V_j)\},$$

де N_j – ім'я j -го елемента метаданих в описі користувальницького запиту;

V_j – значення цього елемента метаданих.

Критерій релевантності k -го документа має такий вигляд:

$$Q \subseteq D_k.$$

Моделі, основані на класифікаторах, один з різновидів найпростіших моделей пошуку [13; 16]. Документ в даній моделі представляється у вигляді сукупності асоційованих з ним атрибутів. Атрибутами є ідентифікатори класів, до яких відноситься даний документ. Класи формують ієрархічну структуру класифікатора. Запит може бути представлений двома способами:

1. Запитом є ідентифікатор-якого класу із заданого класифікатора. Критерій релевантності документа запитом – клас документа збігається з класом у поданні запиту або є його підкласом;

2. У запиті можна вказати декілька класів класифікатора. Критерій релевантності документа запитом – клас документа збігається з яким-небудь із зазначених у запиті класів або є його підкласом.

Моделі, основані на класифікаторах, близькі до булевих моделей. У булевських моделях пошуку користувач може формулювати запит у вигляді булевого вираження, використовуючи для цього оператори І, АБО, НІ. Терми запиту залежать від конкретного варіанту моделі пошуку. У булевої моделі, орієнтованої на пошук "по тексту", термами будуть слова, відповідно, критерієм релевантністю буде умова входження деякого слова або словосполучення в текст документа. У булевій моделі, орієнтованої на пошук за класифікаторами, термами вираження будуть ідентифікатори класів класифікатора. У булевій моделі пошуку з використанням Дублінського ядра термом буде значення елементів метаданих. Документ, що має співпадаючі значення елементів метаданих зі значеннями, заданими у запиті, вважається релевантним.

У загальному випадку критерієм релевантності документа запиту в булевих моделях пошуку є істинність булевського вираження, заданого в запиті.

Однією з безперечних переваг булевою моделі пошуку є простота її реалізації. Головними недоліками вважаються [16]:

1) відсутність можливості ранжирування знайдених документів за ступенем релевантності, оскільки відсутні критерії її оцінки;

2) складність використання: далеко не кожен користувач може вільно оперувати булевими операторами при формулюванні своїх запитів.

Варто відзначити, що були спроби розвитку булевої моделі пошуку для забезпечення можливості ранжирування множини документів, що видаються користувачеві [16]. А саме, запропоновано кілька варіантів так званих розширених булевих моделей. У цих моделях вводяться спеціальні узагальнення булевих операторів для додавання підвищеної ваги документам, які задовольняють запиту точно, і знижену вагу – всім іншим документам.

В даний час векторні моделі є найпоширенішими і вживаними на практиці моделями пошуку [4; 14]. Векторні моделі, на відміну від булевих, дозволяють ранжувати результуючу множину документів запиту. Суть таких моделей зводиться до подання документів і запитів у вигляді векторів. Кожному терму t_i в документі d_j і запиті q співставляється деяка ненегативна вага w_{ij} (w_i для запиту). Таким чином, кожен документ і запит може бути представлений у вигляді k -мірного вектора:

$$\vec{d}_j \stackrel{\text{def}}{=} (w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{kj}),$$

де k – загальна кількість різних термів у всіх документах.

Згідно векторної моделі, близькість документа d_j до запиту q оцінюється як кореляція між векторами їх описів. Ця кореляція може бути обчислена, наприклад, як скалярний добуток відповідних векторів описів. Варіації різних способів призначення ваг термів та оцінки міри близькості векторів визначають широкий спектр різних модифікацій даної моделі пошуку.

Вперше ідеї ймовірнісних моделей були запропоновані в 1960 році. В їх основі лежить принцип ймовірнісного ранжирування. Цей принцип полягає в наступному: найвища загальна ефективність пошуку досягається у випадку, коли результуючі документи ранжуються за зменшенням ймовірності релевантності запиту. Спочатку для кожного документа оцінюється ймовірність того, що він релевантний запиту, а потім за цими оцінками виконується ранжирування документів.

Існують різні способи отримання цих оцінок, а також додаткові припущення і гіпотези на основі апріорних відомостей щодо документів колекції, які і визначають конкретну реалізацію ймовірнісної моделі пошуку. Наприклад, ця оцінка може бути обчислена відповідно до теореми Байєса.

Так само, як і ймовірнісні моделі, мережі виведення оснований на принципі ймовірнісного ранжирування результуючих документів пошуку [4; 14]. Головна їхня відмінність полягає в тому, що використовується оцінка не ймовірності релевантності документа запиту, а ймовірності того, що він задовольняє інформаційним потребам користувача. У рамках даної моделі процес пошуку документів описується як процес міркувань в умовах невизначеності. У процесі такого міркування оцінюється ймовірність того, що інформаційні потреби користувача, виражені за допомогою одного або декількох запитів, задовольняються.

Таким чином, існуючі моделі інформаційного пошуку надають інструментарій, який може бути реалізований в пошуковій системі. Враховуючи наявність стандартів опису електронних навчальних ресурсів, які є розширенням моделі Дублінського ядра, в даній роботі запропоновано використання дескриптивної моделі пошуку. Для формалізації даної моделі та використання її для реалізації пошукових агентів, доцільно розглянути методологію інтелектуальної обробки даних, зокрема методи теорії інтелекту [17].

Таким чином, **мета статті** полягає в дослідженні особливостей інформаційного пошуку навчального контенту у веб-просторі та аналізу можливості застосування методу компараторної ідентифікації для реалізації концепції агентної системи інтелектуального пошуку навчальних об'єктів в системах електронного навчання.

Виклад основного матеріалу

Навчальний об'єкт – це самодостатні інформаційні одиниці, які можуть бути використані для навчальних цілей та мають теги у якості внутрішніх зв'язків [2]. Створення навчального курсу вимагає зіставлення в одне ціле обумовленої послідовності навчальних об'єктів. Для зберігання навчальних курсів використовують різноманітні навчальні репозитарії (архіви, інформаційні портали). До особливостей навчальних об'єктів можна віднести здатність до багаторазового використання, можливість агрегування або декомпозиції відповідно до навчальних цілей та згідно метаопису, відповідність стандартам.

В цій роботі пропонується архітектура інформаційної системи інтелектуального пошуку навчальних матеріалів на базі мультиагентної системи (МАС). Агенти спілкуються один з одним через

службу транспортування повідомлень. Робота агентів координується та контролюється службою імен та сервісом авторизації. Каталог агентів необхідний для інформування агентів про оточуюче середовище, тобто про усіх агентів, їхні функції та цілі. Онтологія необхідна для того, щоб забезпечити спільний опис предметної області для різних агентів. Дані, необхідні для функціонування інформаційної системи, зберігаються у базі даних та знань.

На концептуальному рівні будемо розглядати наступні ситуації використання МАС пошуку навчальних об'єктів (рис. 2):

- 1) пошук (метаданих, документації, навчальних матеріалів) у мережі;
- 2) перегляд змісту електронних навчальних ресурсів;
- 3) редагування пакетів;
- 4) збір та зберігання пакетів.



Рис. 2. Варіанти використання

В цій роботі пропонується мультиагентна пошукова система, яка побудована на агентах чотирьох типів: краулер, оцінювач, індексатор та координатор (рис. 3).

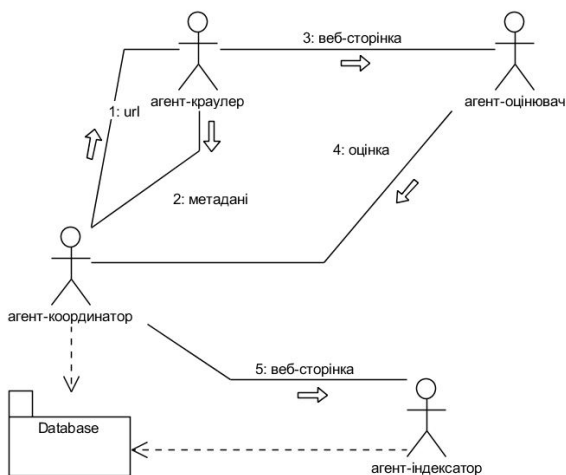


Рис. 3. Структура пошукової системи

Агент-краулер здійснює перехід на задану агентом-координатором url-адресу, видобуває метадані, якщо вони є наявні, додаткові дані та передає ці дані

агенту-оцінювачу. Агент-оцінювач застосовує компаратор, побудований на основі моделі предметної області та дескрипторної моделі пошуку, що надає ефективний механізм для визначення перспектив подальшого пошуку з оцінюваної сторінки. Головна задача агента-індексатора полягає у автоматичному формуванні метаданих, які описують знайдений документ відповідно до обраної моделі.

Процес пошуку навчальних матеріалів можна розглядати у двох основних напрямках використання: пошук нових навчальних ресурсів (рис. 4) та пошук навчальних матеріалів за наявними метаданими (рис. 5).

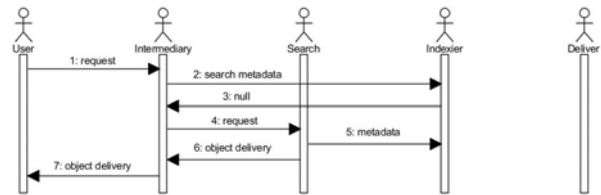


Рис. 4. Випадок використання: пошук нового навчального об'єкта

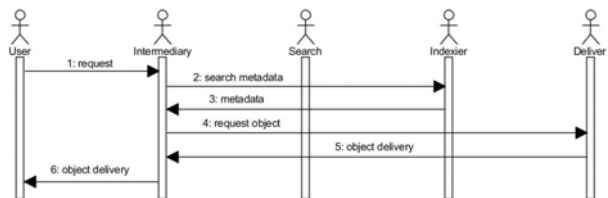


Рис. 5. Випадок використання: пошук навчального контенту за метаданими

У випадку пошуку навчального контенту за метаданими задачу пошуку можна розділити на такі кроки: 1) пошук архіву навчальних матеріалів у мережі Internet; 2) пошук навчального контенту у одному репозитарії; 3) пошук у веб-просторі електронних ресурсів, які можуть бути використані для навчальних цілей. Перша задача може розглядатися як задача пошуку тематичних спільнот у веб-просторі, вирішення якої розглядається, наприклад, у роботі [2]. Питання щодо пошуку навчальних ресурсів в одному репозитарії розкрито в таких роботах, як [2–3; 5]. Третя задача, з точки зору пошуку навчального контенту, має певні особливості.

По-перше, відповідно до рекомендацій стандартів (LOM, SCORM) навчальні електронні ресурси характеризуються певним набором метаданих, які описують ці ресурси відповідно до навчального контенту, але, з іншого боку, ці метадані мають гетерогенну природу та є слабоформалізованими.

По-друге, зазвичай стандарти носять рекомендаційний характер та надають певну свободу розробникам навчальних ресурсів, що призводить до неточності, невизначеності та неоднозначності при автоматичній обробці метаданих.

По-третє, існують певні труднощі щодо встановлення відповідності між пошуковим запитом та значенням метаданих.

Все це обумовлює необхідність досліджень у напрямку вдосконалення пошукових алгоритмів у системах підтримки електронного навчання. У даній роботі пропонується використання концепції семантичного пошуку за метаданими як теоретичного обґрунтування для подальшої програмної реалізації пошукової системи.

Враховуючи накопичений науковою спільнотою досвід у даному напрямку, в роботі пропонується використовувати семантичну модель на основі онтології. Пошук навчальних об'єктів потребує наявності двох типів онтологій. По-перше, предметно-орієнтовані онтології, які описують деяку область знань навчального простору (наприклад, математика, фізика та ін.) або її частину. По-друге, загальна онтологія інформаційного пошуку, яка відображає загальні поняття та їх відношення, що є знанням про процес пошуку навчальних матеріалів та не залежить від навчальної дисципліни.

Узагальнена архітектура системи на основі запропонованого підходу наведена на рис. 6. На цій схемі позначено три базові функції пошукової системи, а саме: індексування, формування запитів та порівняння. Реалізація цих функцій визначається обраною моделлю пошуку. В даній роботі пропонується продовжити дослідження семантичної моделі пошуку з використанням метаопису навчальних об'єктів на базі метаданих.



Рис. 6. Узагальнена архітектура системи пошуку

Функція індексування пов'язана з пошуком навчальних об'єктів у мережі Internet, формуванням їхнього метаопису та зберігання цієї інформації для подальшого використання. Модель представлення документу визначає алгоритм пошуку, мову формування запиту та механізм оцінки релевантності. Відповідно до цілей стандартизації електронних навчальних ресурсів, передбачається наявність метаданих, які повинні охарактеризувати навчальний контент відповідно до вимог обраного стандарту.

У якості одиниці метаопису будемо розглядати пару $m = (n_i, v_i)$, де n_i – ім'я i -го елемента в описі змісту навчального об'єкту, v_i – значення цього елемента метаопису. Тоді метаопис документу можна представити наступним чином

$$m(d) = \{(n_i, v_i), k_i | i = 1 \dots l\},$$

де k_i – ваговий коефіцієнт i -го елемента метаопису; l – кількість елементів.

Процес визначення семантичної близькості можна представити як інтелектуальний процес, що дозволяє застосувати для його моделювання методологію теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації [18]. Задача ідентифікації полягає у тому, щоб за вхідними сигналами x із множини A та вихідними сигналами y із множини B встановити закони перетворення сигналів цим об'єктом, тобто функцію $f(x)$. Така задача називається задачею прямої ідентифікації, вона вирішується за умови прямого доступу до вихідних сигналів об'єкта. Коли у дослідника немає доступу до вихідних сигналів, мова йде про непряму ідентифікацію. Метод компараторної ідентифікації є найбільш зручним серед методів непрямої ідентифікації.

Компаратором називається пристрій K з m входами u_1, u_2, \dots, u_m та одним виходом t . Тут t – булева змінна, яка відображає реакцію компаратора, $t \in \sum, \sum = \{0, 1\}$; u_1, u_2, \dots, u_m – внутрішній стан інформаційної системи; $u_1 \in B_1, u_2 \in B_2, \dots, u_m \in B_m, B_1, B_2, \dots, B_m$ – множини внутрішніх станів системи [18]. Компаратор встановлює, чи знаходяться вхідні сигнали u_1, u_2, \dots, u_m у заданому відношенні K . Якщо так, компаратор реагує сигналом $t = 1$, якщо ні – $t = 0$. Своєю поведінкою компаратор реалізує предикат $K(u_1, u_2, \dots, u_m) = t$. На входи компаратора подаються своїми виходами інформаційні процеси f_1, \dots, f_m , що ідентифікуються.

Інформаційні процеси разом з під'єднанням до них компаратором називаються об'єктом, що ідентифікується. Якщо P – це предикат об'єкта $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$, то

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = K(f_1(x_1), f_2(x_2) \dots f_m(x_m))$$

є суб'єктивним рішенням процесу, що досліджується.

Розглянемо приклад використання методу компараторної ідентифікації для розв'язання задачі тематичного пошуку. Для того, щоб програмний агент прийняв рішення про належність web-сторінки до теми пошуку, він повинен:

1. Визначити тему web-сторінки.

2. Порівняти тему web-сторінки з темою пошуку.

Нижче представлена запропонована автором схема оцінки програмним агентом web-сторінки (рис. 7). У цій схемі передбачається, що людина, яка здійснює інформаційний пошук, звертає увагу на заголовки інформаційного ресурсу, ключові слова та текст url-посилань. Це є першим етапом пошуку, що дозволяє звузити обсяги електронних документів, які потребують більш детального вивчення.

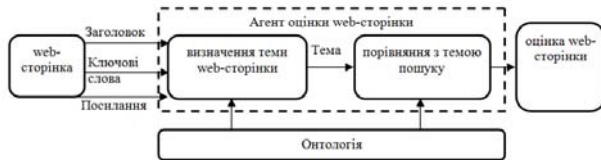


Рис. 7. Схема оцінки web-сторінки програмним агентом

До початку пошуку необхідно побудувати предметну онтологію за темою пошуку, яка описує поняття цієї предметної області та дозволяє визначити набір слів, які можуть зустрітися в заголовку, ключових словах або посиланнях. Такі елементи обрано завдяки тому, що у більшості електронних ресурсів вони описані за допомогою відповідних тегів.

Щоб визначити тему web-сторінки агенту потрібно порівняти з описаними у предметній онтології слова у заголовку h , ключові слова k та слова у посиланні на цю сторінку r . Визначену тему треба порівняти з темою пошуку.

$$P_k(k, q) = P_k(k, q_1) \vee P_k(k, q_2) \vee \dots \vee P_k(k, q_l),$$

$$P_h(h, q) = P_h(h, q_1) \vee P_h(h, q_2) \vee \dots \vee P_h(h, q_l),$$

$$P_r(r, q) = P_r(r, q_1) \vee P_r(r, q_2) \vee \dots \vee P_r(r, q_l),$$

де q – тема пошуку; h – слова у заголовку; k – ключові слова; r – слова у посиланні на цю сторінку.

Власне, оцінку приналежності сторінки до теми пошуку можна виразити наступним предикатом

$$S = P(k, h, r, q) = P_k(k, q_1) \vee P_h(h, q_1) \vee P_r(r, q_1),$$

де S – оцінка сторінки, яка приймає значення 0 або 1.

Тобто, якщо хоч одне слово у заголовку або ключове слово або слово у посиланні належить до теми пошуку, то сторінка теж належить до теми пошуку. Можливо побудувати також іншу структуру предикату.

Таким чином, використання методу компараторної ідентифікації надає можливість реалізувати тематичний пошук навчальних електронних ресурсів в межах системи електронного навчання агентного типу, що є першим етапом формування навчального контенту.

Висновки

У цій статті описано концепцію мультиагентної системи інформаційного пошуку навчальних ресурсів, запропоновано компонентну архітектуру на чотирьох типах агентів: краулер, оцінювач, індексатор та координатор. Це дозволило врахувати такі особливості пошуку навчальних об'єктів як пошук за метаданими, оцінка контенту сторінки на відповідність навчальним цілям та індексування результатів пошуку.

Пошук навчальних об'єктів розглянуто з трьох аспектів: пошук архівів, пошук навчального контенту в одному архіві та пошук навчальних ресурсів. Виділені задачі доповнюють одна одну та разом реалізують функцію пошуку у багатьох архівах, що є однією з важливих складових колаборативної системи електронного навчання. Інформаційний пошук навчальних матеріалів є інтелектуальним процесом та потребує розробки спеціальної онтології пошуку та предметних онтологій за навчальними напрямками.

Запропоновано ідею поступового звуження простору пошуку на основі використання методу компараторної ідентифікації. Компаратор дозволяє реалізувати оцінку результату пошуку на основі предикату еквівалентності з використанням предметної онтології. Запропоновано використання дискриптивної моделі пошуку. Отримані результати можуть бути використані для реалізації агентної системи інтелектуального пошуку навчальних об'єктів в системах електронного навчання. Використання компараторної моделі для побудови архітектури агента оцінки дозволяє врахувати семантичну складову пошуку навчальних об'єктів.

Список літератури

1. Пономаренко В.С. Возможности использования современных информационных и телекоммуникационных технологий в образовании / В.С. Пономаренко // Управління розвитком. – 2009. – № 4. – С. 86-89.
2. Глибовець М.М. Архітектура колаборативного навчального простору / М.М. Глибовець, С.С. Гороховський // Збірник праць Міжн. конф. “Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем” ТАAPSD’2007. – 2007. – Київ. – С. 21-25.
3. Глибовець М.М. Моделі та методи створення і супровіду високопродуктивного розподіленого навчального середовища: Автореферат дис. ... доктора фіз.-мат. Наук / Глибовець М.М. – Київ, 2006. – 36 с.
4. Городецкий В.И. Многоагентные системы (обзор) [Електронний ресурс] / В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В. Хабалов. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/GGKHMAS.ZIP>.

5. Глибовець М.М. Проект освітньої платформи, що використовує переваги Semantic Web / М.М. Глибовець, С.С. Гороховський, Т.О. Лаврович // Збірник праць П'ятої Міжнародної конференції «Нові інформаційні технології для всіх», К., 2010. – С. 60-70.
6. Wooldridge M.J. Intelligent Agents / M.J. Wooldridge // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27-79.
7. Wooldridge M.J. An introduction to multiagent systems / M.J. Wooldridge. – John Wiley & Sons, LTD, 2009. – 461 p.
8. Li Z. Cooperative Control of Multi-Agent Systems: A Consensus Region Approach / Z. Li, Z. Duan. – CRC Press, 2014. – 252 p.
9. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям [Электронный ресурс] / В.Б. Тарасов. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.yugzone.ru/x/tarasov-v-b-ot-mnogoagentnykh-sistem-k-intellektual-nym-organizatsiyam/>.
10. Чередніченко О.Ю. Формальна архітектура агентної системи моніторингу результатів наукової діяльності вищого навчального закладу / О.Ю. Чередніченко, О.В. Янголенко, Ю.М. Баранова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 55. – С. 71-87.
11. Rima Fayad. The Technology Acceptance Model E-Commerce Extension: A Conceptual Framework / Rima Fayad, David Paper // Procedia Economics and Finance. – 2015. – № 26. – P. 1000-1006.
12. Kumar Raja D.R. Feature level review table generation for E-Commerce websites to produce qualitative rating of the products / D.R. Kumar Raja, S. Pushpa // Future Computing and Informatics Journal. – 2017. – № 2. – P. 118-124.
13. Ириков В.А. Распределенные системы принятия решений. Теория и приложения / В.А. Ириков, В.Н. Тренев. – М.: Наука, 1999. – 288 с.
14. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем / М.Р. Когаловский. – М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 2003. – 288 с.
15. Salton G. Extended Boolean information retrieval / G. Salton, E. Fox, H. Wu // Communications of the ACM. – December 2001. – Vol. 26, No. 4. – P. 35-43.
16. Кравцов Г.М. Моделирование системы управления качеством электронных ресурсов обучения: интегрированный и дифференцированный подходы обучения / Г.М. Кравцов // Информационные технологии в образовании. – 2012. – № 11. – С. 24-31.
17. Бондаренко М.Ф. Мозгоподобные структуры / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко. – К., 2011.
18. Бондаренко М.Ф. Об общей теории компараторной идентификации / М.Ф. Бондаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко // Бионика интеллекта. – 2008. – №2(69). – С. 13-22.

References

1. Ponomarenko, V.S. (2009), "Vozmozhnosti ispolzovaniya sovremennyih informatsionnyih i telekommunikatsionnyih tehnologiy v obrazovanii" [Possibilities of using of modern information and telecommunication technologies in education], *Development management*, No. 4, pp. 86-89.
2. Hlybovets, M.M. and Horokhovskiy, S.S. (2007), "Arkhitektura kolaboratyvnoho navchalnoho prostoru" [Architecture of collaborative educational process], *Proceedings of the International conference "Theoretical and applied aspects of software systems building"*, TAAPSD'2007, Kyiv, pp. 21-25.
3. Hlybovets, M.M. (2006), "Modeli ta metody stvorennia i suprovidu vysokoproduktyvnoho rozpodilenoho navchalnoho seredovishcha: dissertation" [Models and methods of creating and maintaining a highly productive distributed learning environment: dissertation], Kyiv, 36 p.
4. Horodetskyi, V.Y., Hrushynskiy, M.S. and Khabalov, A.V. "Mnohoahentnye systemy (obzor)" [Multi-agent systems (overview)], www.raai.org/library/ainews/1998/2/GGKHMAS.ZIP.
5. Hlybovets, M.M., Horokhovskiy, S.S. and Lavrovych, T.O. (2010), "Proekt osvitnoi platformy, sho vykorystovuiu perevahy Semantic Web" [The educational platform project that uses the benefits of Semantic Web], *Proceedings of 5-th Int. conf. "Theoretical and applied aspects of software systems building"*, Kyiv, pp. 60-70.
6. Wooldridge, M.J. (2001), Intelligent Agents, *Multiagent Systems*, pp. 27-79.
7. Wooldridge, M.J. *An introduction to multiagent systems*, John Wiley & Sons, LTD, 2009. – 461 p.
8. Li, Z. and Duan, Z. (2014), *Cooperative Control of Multi-Agent Systems: A Consensus Region Approach*, CRC Press, 252 p.
9. Tarasov, V.B. "Ot mnohoahentnykh system k yntellektualnym orhanyzatsiyam" [From multi-agent systems to intelligent organizations], www.yugzone.ru/x/tarasov-v-b-ot-mnogoagentnykh-sistem-k-intellektual-nym-organizatsiyam.
10. Cherednichenko, O.Yu., Yanholenko, O.V. and Baranova, Yu.M. (2014), "Formalna arkhitektura ahentnoi systemy monitorynhu rezultativ naukovoi diialnosti vyshchoho navchalnoho zakladu" [The formal architecture of the agent system for monitoring the results of the scientific activity of the higher educational institution], *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*, No. 55, pp. 71-87.
11. Rima Fayad and David Paper (2015), The Technology Acceptance Model E-Commerce Extension: A Conceptual Framework, *Procedia Economics and Finance*, No. 26, pp. 1000-1006.
12. Kumar Raja, D.R. and Pushpa, S. (2017), Feature level review table generation for E-Commerce websites to produce qualitative rating of the products, *Future Computing and Informatics Journal*, No. 2, pp. 118-124.
13. Irikov, V.A. and Trenev, V.N. (1999), "Распределенные системы принятия решений. Теория и приложения" [Distributed decision-making systems. Theory and applications], Moscow, 288 p.
14. Kogalovskiy, M.R. (2003), "Perspektivnyie tehnologii informatsionnyih system" [Perspective technologies of information systems], Moscow, 288 p.
15. Salton, G., Fox, E., and Wu, H. (2001), Extended Boolean information retrieval, *Communications of the ACM*, Vol. 26, No. 4, pp. 35-43.
16. Kravtsov, G.M. (2012), "Modelirovanie sistemy upravleniya kachestvom elektronnykh resursov obucheniya: integrirovannyiy i differentsirovannyiy podhodyi obucheniya" [Modeling the quality management system for electronic learning resources: integrated and differentiated learning approaches], *Information technology in education*, No. 11, pp. 24-31.

17. Bondarenko, M.F. and Shabanov-Kushnarenko, Yu.P. (2011) “Mozgopodobnyie strukturyi” [Brain similar structures], Kyiv, 219 p.

18. Bondarenko, M.F. Shabanov-Kushnarenko, S.Yu. and Shabanov-Kushnarenko, Yu.P. (2008) “Ob obschey teorii komparatornoy identifikatsii” [About the general theory of comparative identification], *Bionics of Intelligence*, pp. 13-22.

Надійшла до редколегії 17.04.2018

Схвалена до друку 15.05.2018

Відомості про авторів:

Кириченко Ірина Віталіївна

інженер кафедри Харківського національного університету радіоелектроніки,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7686-6439>

Шубін Ігор Юрійович

кандидат технічних наук доцент
професор кафедри Харківського національного університету радіоелектроніки,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1073-023X>

Information about the authors:

Iryna Kyrychenko

Engineer of the Department of Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7686-6439>

Igor Shubin

Candidate of Sciences Associate Professor
Professor of Department of Kharkiv National University of Radio Electronics,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1073-023X>

КОНЦЕПЦИЯ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ АГЕНТНОГО ТИПА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

И.В. Кириченко, И.Ю. Шубин

В этой статье представлена концепция поисковой системы на базе мультиагентного подхода для систем электронного обучения. Определены основные функции мультиагентной системы информационного поиска учебных ресурсов, предложена компонентная архитектура на четырех типах агентов: краулер, оценщик, индекатор и координатор. Поиск учебных объектов рассмотрен с трех аспектов: поиск архивов (репозиториев), поиск учебного контента в одном архиве и поиск учебных ресурсов. Выделенные задачи дополняют друг друга и вместе реализуют функцию поиска во многих архивах, что является одной из важных составляющих колаборативной системы электронного обучения. Предложена идея постепенного сужения пространства поиска на основе использования метода компараторной идентификации. Компаратор позволяет реализовать оценку результата поиска на основе предиката эквивалентности с использованием предметной онтологии. Полученные результаты могут быть использованы для реализации агентной системы интеллектуального поиска учебных объектов в системах электронного обучения.

Ключевые слова: *информационный поиск, поисковая система, мультиагентный подход, электронное обучение, дескрипторный поиск, компараторная идентификация.*

AGENT TYPE SEARCH SYSTEM CONCEPT IN ELECTRONIC EDUCATION SYSTEMS

I. Kyrychenko, I. Shubin

The search engine based on the multi-agent approach conception for e-learning systems is presented in the paper. The main functions of the multi-agent system of information retrieval of the learning resources are defined; the component architecture is proposed which is based on four types of agents: a crawler, an appraiser, an indexer and a coordinator. The agent-crawler transfers to the specified by agent-coordinator URL-address and extracts metadata, if they are available, additional data and transmits these data to the assessor-agent. The assessor uses a comparator based on the domain model and the descriptor search model, which provides an efficient mechanism for determining the prospects for further search from the evaluated page. The main task of the index agent is to automatically create metadata that describes the found document in accordance with the chosen model.

The search for educational facilities is considered in three aspects: the search for archives (repositories), the search for educational content in one archive and the search for learning resources. Such tasks complement each other and together implement the search function in many archives, which is one of the important components of a collaborative e-learning system. Information retrieval for educational materials is an intellectual process and requires the development of a special ontology of search and subject ontologies in the field of study.

The idea of the gradual narrowing of the search space is proposed. Narrowing of the search space is based on the usage of comparator identification. The comparator allows realizing the evaluation of the search result based on the equivalence predicate using the subject ontology. The obtained results can be used to implement the agent system of intellectual search for learning objects in e-learning systems.

Keywords: *information retrieval, search engine, multi-agent approach, e-learning, descriptor search, comparator identification.*