

О. Ю. ЧЕРЕДНІЧЕНКО, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»;
О. В. ЯНГОЛЕНКО, аспірант НТУ «ХПІ»;
Ю. М. БАРАНОВА, магістрант НТУ «ХПІ»

ФОРМАЛЬНА АРХІТЕКТУРА АГЕНТНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

У роботі представлено мультиагентну систему моніторингу результатів наукової діяльності вищого навчального закладу. Розглянуто засоби подання абстрактної архітектури агентів, що дозволяють у формальному вигляді описати функціонування агентів. Така архітектура ґрунтується на представленні множини станів зовнішнього середовища агента, множини сприйняттів середовища агентом, множини можливих дій агента, а також функції сприйняття та функції вибору дії агента. З метою формалізації правил, за якими діє рефлексний агент, заснований на моделі, запропоновано використовувати метод компараторної ідентифікації теорії інтелекту. У роботі наведено формальну архітектуру агентів чотирьох типів, які здійснюють пошук джерел даних для моніторингу результатів наукової діяльності.

Ключові слова: моніторинг, тематичний пошук, мультиагентна система, абстрактна архітектура, компараторна ідентифікація.

Вступ. Необхідність адаптації до вимог сучасного суспільства спричинює пошук обґрунтованих оцінок ефективності та якості функціонування системи вищої освіти. Найважливішою умовою підвищення якості є систематичний контроль та аналіз об'єктивних даних про діяльність вищих навчальних закладів (ВНЗ). Моніторинг результатів діяльності ВНЗ є одним із процесів, які забезпечують роботу системи управління якістю ВНЗ. Процес управління якістю може бути ефективним у разі наявності постійного зворотного зв'язку, що забезпечує отримання надійної інформації про результати роботи ВНЗ у різних напрямках, таких як освітньому, науковому, культурному і т. д. На практиці такий зворотний зв'язок, як правило, не організований належним чином.

На сьогодні сучасні системи управління підприємствами, у тому числі ВНЗ, включають підсистему моніторингу та оцінювання, що забезпечує прийняття обґрунтованих рішень керівництвом організації. Дана робота присвячена агентній реалізації системи моніторингу наукової діяльності ВНЗ.

Джерелами даних для моніторингу можуть служити офіційні звіти та документація структурних підрозділів ВНЗ, а також інформація, отримана від співробітників та студентів даного ВНЗ. Окрім цих традиційних джерел даних, можна говорити про те, що результати діяльності ВНЗ знаходять своє відображення у веб-просторі. У даній роботі в якості джерела даних для моніторингу розглядаються веб-сторінки, які містять інформацію про

результати наукової діяльності ВНЗ. Відповідно методами збору даних є методи інтелектуального аналізу даних.

Аналіз публікацій за темою дослідження. Технологія веб-моніторингу є розповсюдженою у різних галузях, наприклад, вона застосовується для вирішення задач конкурентної розвідки [1]. Попередні дослідження авторів присвячені вирішенню задач моніторингу та оцінювання у системі вищої освіти [2, 3]. Зокрема, ідея побудови системи веб-моніторингу викладена у роботі [4]. Веб-моніторинг результатів наукової діяльності ВНЗ розглядається у роботах [4, 5]. Різні етапи веб-моніторингу, такі як пошук джерел даних та вимірювання індикаторів моніторингу представлено у роботах [5, 6].

В даному дослідженні пропонується використовувати агентну архітектуру при проектуванні системи моніторингу. З точки зору програмної інженерії, агент – це автономна програмна сутність, що має довгий час існування та адаптує свою поведінку відповідно до змін оточуючого середовища, а також здатна взаємодіяти з іншими агентами [7, 8]. Для того щоб будувати програмні агентні системи, необхідно мати засоби формального подання правил роботи агентів. Формальне представлення архітектури агентів досліджується у роботах [8–10]. Проте аналіз публікацій у цьому напрямку показав, що формальне представлення агентів системи веб-моніторингу в літературі не розглянуто.

Постановка задачі. Основними складовими процесу веб-моніторингу є пошук джерел даних, видобування даних та вимірювання індикаторів. Метою процесу пошуку джерел даних є збір веб-сторінок, на яких знаходиться інформація, необхідна для вимірювання індикаторів. Видобування даних має на меті отримання сирих даних із знайдених веб-сторінок. Результатом процесу вимірювання є те, що сирі дані перетворюються на кількісні значення індикаторів.

Пошук даних у веб-просторі виступає одним із факторів, що накладають обмеження на архітектуру системи моніторингу. Іншим фактором є те, що ця система є частиною системи управління якістю ВНЗ. Вона повинна легко інтегруватися з існуючою системою управління, що, зокрема, стосується питання масштабованості та здатності до перенесення. В цілому система моніторингу повинна відповідати принципам відкритих систем.

Враховуючи наведені фактори, у даній роботі система веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ проектується на засадах мультиагентного підходу до побудови програмних систем. Така архітектура дозволяє реалізувати такі суттєві властивості агентів, як автономність, реактивність та комунікативність.

Метою даної роботи є формальне представлення абстрактної архітектури агентів системи веб-моніторингу на прикладі підсистеми пошуку джерел даних для оцінювання наукової діяльності.

Формальне представлення абстрактної архітектури агентів. Для представлення можливих дій агента та його взаємодії із зовнішнім

середовищем необхідно мати інструмент, який дозволяє у формальному вигляді описувати поведінку агента. Абстрактна архітектура агента – це інструмент, який дозволяє проектувати поведінку агента із використанням чітких формальних методів [9, 10]. Абстрактна архітектура агента задається через опис середовища, в якому функціонує агент, сприйняття агентом цього середовища та його діями.

Нехай S – множина можливих станів зовнішнього середовища агента, A – множина можливих дій агента. Тоді агент може бути представлений як:

$$g_s : S \rightarrow A,$$

тобто вибір конкретної дії із множини можливих дій агент здійснює на основі поточного стану зовнішнього середовища $s_i \in S$. При цьому дії агента можуть впливати на середовище, але не контролювати його повністю.

Для представлення агента зручно використовувати модель сприйняття зовнішнього середовища. Для цього вводиться множина можливих сприйнятих P та функція $f : S \rightarrow P$, яка описує, у який спосіб певні стани середовища сприймаються агентом. Тоді агент представляється за допомогою функції $g_p : P \rightarrow A$, тобто дія агента визначається у загальному випадку поточним сприйняттям стану зовнішнього середовища $p_j \in P$.

Модель агента із сприйняттям еквівалентна базовій. Проте вона дозволяє ввести наступну додаткову властивість агента: різні стани середовища можуть однаково сприйматися і навпаки – один стан може по-різному сприйматися агентом.

Інший варіант представлення агента потребує введення поняття стану агента. При цьому вважається, що агент має певні внутрішні структури даних, які він модифікує в залежності від сприйняття поточного стану зовнішнього середовища, та на основі отриманих результатів обирає дію. Для формалізації цього процесу вводиться множина I внутрішніх станів агента та функція оновлення внутрішнього стану, яка відповідає за оновлення внутрішнього стану у відповідності до поточного сприйняття середовища: $h : I \times P \rightarrow I$.

Тоді агент описується за допомогою функції $g_i : I \rightarrow A$, тобто дія обирається на основі поточного стану агента. Для коректного опису поведінки агента із станом необхідно визначити початковий стан $i_0 \in I$.

Така архітектура агента має один суттєвий недолік, а саме – агент, що задається у такий спосіб, не отримує інформацію про здійснені ним дії, що обмежує його можливості у накопиченні досвіду та аналізі потенційних наслідків його дій. Одним із можливих способів подолання цього недоліку є представлення інформації про дії агента як частину інформації про зовнішнє середовище, проте такий підхід не є наочним та інтуїтивно зрозумілим. Більш

правильним вирішенням цієї проблеми є включення інформації про здійснювані дії явно у вхідні дані функції вибору дії:

$$g_A : (P \times A)^* \rightarrow A.$$

У такому вигляді агент явно отримує інформацію про вже здійснені дії та при виборі дії спирається на сприйняття станів навколишнього середовища.

Для агента із станом інформація про попередні дії враховується у функції оновлення стану: $h : (I \times P \times A)^* \rightarrow I$.

Параметром функції оновлення стану є не послідовність усіх дій агента, а тільки остання виконана дія.

При використанні підходів, заснованих на формальній логіці, функції сприйняття та вибору дії агента описується як набір тверджень, або правил, цієї логіки. При цьому агент підтримує базу знань, що містить множину тверджень формальної логіки, які описують причинно-наслідкові зв'язки між станами зовнішнього середовища та сприйняттями агента, а також між сприйняттями середовища та діями агента. Такий агент називається логічним агентом [11].

Агент, який обирає дію на основі поточного сприйняття, ігноруючи всю історію попередніх сприйнятів, є простим рефлексним агентом [11]. Такий тип агентів є надзвичайно простим, проте має значно обмежений інтелект. У багатьох випадках для успішного функціонування агента можуть знадобитися знання двох видів. З одного боку, це інформація про те, як середовище змінюється незалежно від агента. З іншого боку, це знання про те, як власні дії агента впливають на середовище. Агент, який використовує такі знання про існування зовнішнього середовища, є рефлексним агентом, заснованим на моделі [11].

Знання та правила, якими володіє рефлексний агент, заснований на моделі, можна формалізувати за допомогою методів теорії інтелекту, зокрема методу компараторної ідентифікації, центральним поняттям якого є компаратор [12, 13]. Компаратор реалізує предикат $K(y_1, y_2, \dots, y_m) = t$, що відповідає відношенню K , в якому знаходяться вхідні сигнали y_1, y_2, \dots, y_m . При цьому t – це двійкова реакція компаратора, $t \in \Sigma$, $\Sigma = \{1, 0\}$. До входів компаратора підключені своїми виходами ідентифіковані інформаційні процеси f_1, f_2, \dots, f_m . Інформаційні процеси представляють механізми сприйняття вхідних фізичних сигналів x_1, x_2, \dots, x_m . Сигнали $y_1 = f_1(x_1)$, $y_2 = f_2(x_2)$, ..., $y_m = f_m(x_m)$ є внутрішніми станами об'єкта, недоступними для спостереження. Компаратор разом із підключеними до нього інформаційними процесами називається ідентифікованим об'єктом (рис. 1). Предикат об'єкта $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$ виражається у вигляді:

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

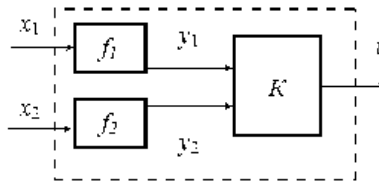


Рис. 1 – Об'єкт із двома вхідними сигналами

Введемо універсум елементів U . Предикатом P , заданим на U , називається будь-яка функція $\varepsilon = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$, що відображає множину U в множину $\Sigma = \{1, 0\}$. Оскільки множина U при моделюванні агентної системи є скінченною, то предикат P є також скінченним.

Множина всіх n -арних предикатів, заданих на U^n , на якому визначені операції диз'юнкції, кон'юнкції та заперечення (що є базовими), називається алгеброю n -арних предикатів на U , в якій виконуються усі тотожності булевої алгебри. Змінні x_1, x_2, \dots, x_n , які називаються предметними та їхні значення, які називаються предметами, представляються предикатом еквівалентності предмета a змінній x_i :

$$E(x_i, a) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i = a, \\ 0, & \text{якщо } x_i \neq a, \end{cases} \quad (i = \overline{1, n})$$

де a – будь-який елемент універсуму.

З метою пошуку релевантних джерел даних моніторингу пропонується моделювати процес оцінювання веб-сторінки у такий спосіб, як це робить людина. Людський інтелект здатний з легкістю визначити, чи є дана веб-сторінка перспективною для подальшого пошуку (тобто обходу її посилань), чи відповідає вона темі пошуку та чи містить вона необхідну для вимірювання індикаторів інформацію.

Метод компараторної ідентифікації дозволяє побудувати логічну модель сприйняття веб-сторінки. Моделі сприйняття зовнішнього середовища та вибору дії агента, побудовані на основі метода компараторної ідентифікації, можуть бути покладені в основу архітектури логічного агента, заснованого на моделі. Тоді функції агента у загальному вигляді можна записати наступним чином: $f : S \xrightarrow{K} P$ та $g_A : (P \times A)^* \xrightarrow{K} A$.

Мультиагентна система веб-моніторингу. Авторами пропонується здійснювати автоматизацію моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ шляхом побудови мультиагентної системи (МАС) (рис. 2). Для створення такої системи пропонується використовувати агентну програмну платформу

JADE та засоби доступу та управління локальною кеш-пам'яттю Ehcache. MAC веб-моніторингу складається з агентів декількох типів, які існують всередині агентного контейнеру. Призначення кожного типу агента наведено у табл. 1.

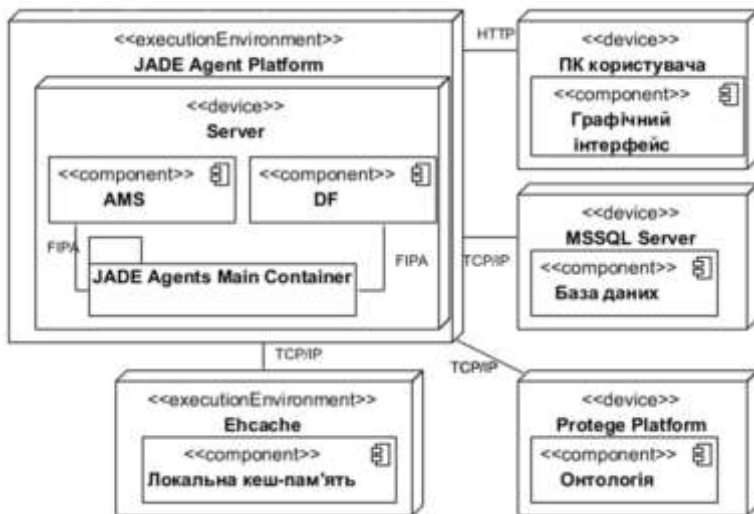


Рис.2 – Мультиагентна система моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ

Таблиця 1 – Типи агентів підсистеми пошуку джерел даних моніторингу

Позначення	Назва агента	Призначення
A0	Агент-координатор	Отримання із онтології вхідної інформації, необхідної для початку пошуку джерел даних; створення першого агента-кроулера; створення агентів пошуку джерел даних та очистки даних
A1	Агент-кроулер	Обхід веб-простору та збереження веб-сторінок, які відповідають темі пошуку
A2	Агент пошуку джерел даних	Визначення серед веб-сторінок, які відповідають темі пошуку, тих, що є джерелами даних моніторингу
A3	Агент очистки даних	Приведення веб-сторінок, що є джерелами даних, до уніфікованого вигляду – шаблону

Отже, пошук джерел даних моніторингу здійснюється агентами A0, A1, A2 та A3, взаємодію яких показано на рис. 3. Моделі теми пошуку, джерела даних та шаблону для кожного показника моніторингу зберігаються у вигляді правил в онтології та передаються агенту A0 під час його ініціалізації. Вказані агенти взаємодіють із локальною кеш-пам'яттю та базою даних.

Проміжні результати їхньої роботи зберігаються у кеш-пам'яті з метою уникнення чисельних запитів до бази даних, що уповільнює роботи системи в цілому.

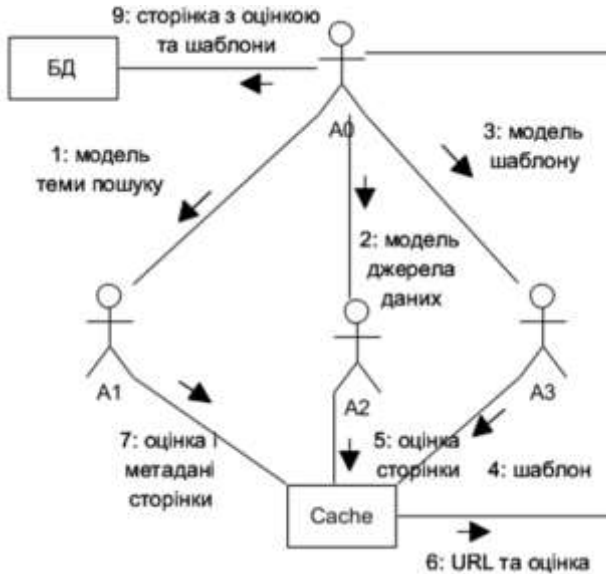


Рис. 3 – Взаємодія агентів різних типів

За пошук джерел даних моніторингу відповідає агент-координатор A0. Він створює першого агента A1, якому передає тему та стартову сторінку для початку пошуку. За результатами оцінки сторінки A1 видобуває перспективні посилання та створює клонів, які продовжують пошук за заданою темою. По мірі обходу веб-простору агентами A1 у кеш-пам'яті зберігаються посилання. Агент A0 перебирає усі посилання, збережені у кеш-пам'яті. Для кожного посилання, позитивно оціненого агентом A1, агент A0 створює агента другого типу A2, який оцінює веб-сторінку на предмет її здатності бути джерелом даних для моніторингу певного показника. Також агент A0 для кожного посилання, оціненого позитивно агентом A2, створює агента третього типу A3, який здійснює очистку відібраних джерел даних, заповнюючи шаблони для кожної веб-сторінки. Сторінки, негативно оцінені агентом A1 або A2, та сторінки, для яких було створено шаблони агентом A3, записуються агентом A0 у базу даних та видаляються із кеш-пам'яті.

Отже, зовнішнім середовищем агента A0 є кеш-пам'ять, в якій зберігаються веб-сторінки. Зовнішнє середовище може бути описане за допомогою множини станів $S_{A0} = \{s_i, i = \overline{1,7}\}$ (табл. 2).

Таблиця 2 – Стани зовнішнього середовища агента A0

Позначення	Назва	Опис
s_1	empty	Кеш-пам'ять порожня
s_2	page_is_being_processed	Веб-сторінка знаходиться в процесі обробки
s_3	positive_estimate_A1	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A1
s_4	negative_estimate_A1	Веб-сторінка має негативну оцінку від агента A1
s_5	positive_estimate_A2	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A2
s_6	negative_estimate_A2	Веб-сторінка має негативну оцінку від агента A2
s_7	pattern_done	Веб-сторінка була оброблена агентом A3

Можливі сприйняття середовища агентом A0 задаються множиною $P_{A0} = \{p_j, j = \overline{1,5}\}$ (табл. 3).

Таблиця 3 – Елементи множини сприйняття зовнішнього середовища агентом A0

Позначення	Назва	Опис
p_1	empty	Кеш-пам'ять порожня
p_2	page_is_being_processed	Веб-сторінка знаходиться в процесі обробки
p_3	positive_estimate_A1	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A1
p_4	positive_estimate_A2	Веб-сторінка має позитивну оцінку від агента A2
p_5	to_be_deleted_from_cache	Веб-сторінка має бути видалена із кеш-пам'яті

Тоді функція сприйняття агента A0 має вигляд:

$$p = \begin{cases} p_1, & \text{якщо } E(s, s_1), \\ p_2, & \text{якщо } E(s, s_2), \\ p_3, & \text{якщо } E(s, s_3), \\ p_4, & \text{якщо } E(s, s_5), \\ p_5, & \text{якщо } E(s, s_4) \vee E(s, s_6) \vee E(s, s_7), \end{cases}$$

де $E(s, s_i)$ – предикат еквівалентності, який визначає один із можливих станів зовнішнього середовища.

Дії агента A0 задаються множиною $A_{A0} = \{a_k, k = \overline{1,5}\}$ (табл. 4).

Таблиця 4 – Дії агента A0

Позначення	Назва	Опис
a_1	kill_A0	Видалення агента A0
a_2	create_A1	Створити для веб-сторінки агента A1
a_3	create_A2	Створити для веб-сторінки агента A2
a_4	create_A3	Створити для веб-сторінки агента A3
a_5	free_cache	Записати веб-сторінку до бази даних та звільнити кеш-пам'ять
a_6	next_page	Агент переходить до наступної сторінки у кеш-пам'яті

Функція вибору дії агента A0 задається у наступному вигляді:

$$a = \begin{cases} a_1, \text{ якщо } E(p, p_1), \\ a_2, \text{ якщо } \neg E(p, p_1) \wedge \neg E(p, p_2) \wedge \neg E(p, p_3) \wedge \neg E(p, p_5), \\ a_3, \text{ якщо } E(p, p_3), \\ a_4, \text{ якщо } E(p, p_4), \\ a_5, \text{ якщо } E(p, p_5), \\ a_6, \text{ якщо } E(p, p_2). \end{cases}$$

Агент-кроулер A1 здійснює завантаження веб-сторінки, її оцінку та видобування дочірніх посилань. Агент A1 не може завантажити веб-сторінку, якщо вона недоступна. Якщо агент A1 оцінив веб-сторінку позитивно, то він видобуває всі посилання з цієї сторінки. Оцінка та метадані веб-сторінки записуються ним до кеш-пам'яті. Надалі агент A1 для кожного посилання створює агента-клона із функціональністю ідентичною власній. Після цього агент A1 припиняє свою роботу.

Перевірку перспективності подальшого обходу із завантаженої веб-сторінки здійснює агент-кроулер A1 на основі компараторної моделі (рис. 4).



Рис.4 – Оцінювання веб-сторінки на основі методу компараторної ідентифікації

Нехай предметними змінними виступають слова у заголовку веб-сторінки – t , слова у ключових словах – k , слова у тексті посилання – h , а також тема пошуку – q . Кожна тема пошуку q_i асоціюється із набором слів, що знаходяться у заголовку веб-сторінки $t = \overline{1, m}$, її ключових словах $k = \overline{1, n}$ та тексті посилань $h = \overline{1, p}$. Цей зв'язок представляється у вигляді дводольних графів (рис. 5) та предикатів $M_t(t, q_i) = t_1 \vee t_2 \vee \dots \vee t_m$, $M_k(k, q_i) = k_1 \vee k_2 \vee \dots \vee k_n$ та $M_h(h, q_i) = h_1 \vee h_2 \vee \dots \vee h_p$.

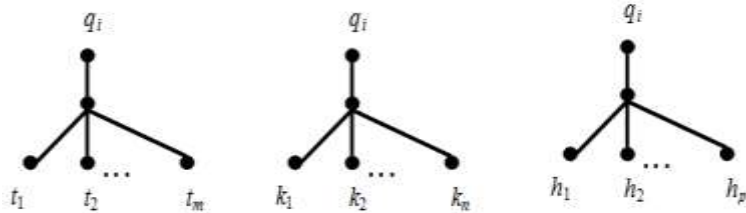


Рис.5 – Дводольні графи предикатів

Відповідність веб-сторінки темі пошуку q^* визначається предикатом:

$$Y = M(t, k, h, q^*) = M_t(t, q^*) \vee M_k(k, q^*) \vee M_h(h, q^*),$$

тобто якщо хоча б за одним елементом мета-даних оцінка веб-сторінки є позитивною, то веб-сторінка визначається такою, що відповідає заданій темі пошуку.

Отже, зовнішнім середовищем для агента-кроулера А1 є веб-сторінка, оскільки один агент працює тільки з однією сторінкою та по завершенні обробки видаляється. Зовнішнє середовище описується множиною станів $S_{A1} = \{s_i, i = \overline{1, 4}\}$ (табл. 5).

Таблиця 5 – Стани зовнішнього середовища агента А1

Позначення	Назва	Опис
s_1	unavailable	Посилання недоступне
s_2	unknown_format	Посилання доступне у невідомому форматі
s_3	unavailable_metadata	Посилання доступне у відомому форматі, не має метаданих
s_4	available_metadata	Посилання доступне у відомому форматі, має метадані

Агент сприймає зовнішнє середовище згідно із своєю ментальною моделлю (табл. 6). Функція сприйняття агента-кроулера А1 еквівалентна

логічним висновкам: «Якщо посилання недоступне або доступне у невідомому форматі, то агент сприймає веб-сторінку як недоступну для обробки», «Якщо посилання, що є доступним у відомому форматі та не має метаданих, то веб-сторінка не може бути оцінена», «Якщо посилання, що є доступним у відомому форматі та має метадані, та відповідає темі пошуку, то веб-сторінка оцінена позитивно», «Якщо посилання, що є доступним у відомому форматі та має метадані, та не відповідає темі пошуку, то веб-сторінка оцінена негативно».

Таблиця 6 – Елементи множини P_{A1} сприйняття зовнішнього середовища агентом A1

Позначення	Назва	Опис
p_1	unprocessable	Веб-сторінка недоступна для обробки
p_2	unknown_estimate	Веб-сторінка не може бути оцінена
p_3	positive_estimate	Веб-сторінка оцінена позитивно
p_4	negative_estimate	Веб-сторінка оцінена негативно

Функція сприйняття агента A1 може приймати різні значення в залежності від стану середовища та значення предикату оцінки веб-сторінки:

$$p = \begin{cases} p_1, \text{ якщо } E(s, s_1) \vee E(s, s_2), \\ p_2, \text{ якщо } E(s, s_3), \\ p_3, \text{ якщо } M(t, k, h, q) \wedge E(s, s_4), \\ p_4, \text{ якщо } \neg M(t, k, h, q) \wedge E(s, s_4). \end{cases}$$

Дії агента-кроулера A1 задаються множиною $A_{A1} = \{a_k, k = \overline{1,4}\}$ (табл. 7).

Таблиця 7 – Дії агента A1

Позначення	Назва	Опис
a_1	kill_A1	Видалення агента A1
a_2	save_estimate	Зберегти оцінку веб-сторінки та видобути із неї метадані у кеш-пам'яті
a_3	extract_ChildURL	Видобути посилання із веб-сторінки
a_4	clone_A1	Клонувати агента A1 та передати йому посилання для обробки

Функція вибору дії агента-кроулера A1 задається у наступному вигляді:

$$a = \begin{cases} a_1, \text{ якщо } (E(p, p_1) \vee E(p, p_2) \vee (E(p, p_3) \wedge E(a, a_4)) \vee \\ \quad \vee (E(p, p_4) \wedge E(a, a_2)), \\ a_2, \text{ якщо } E(p, p_3) \vee E(p, p_4), \\ a_3, \text{ якщо } E(p, p_3) \wedge E(a, a_2), \\ a_4, \text{ якщо } E(p, p_3) \wedge E(a, a_3). \end{cases}$$

В результаті роботи агента-кроулера A1 у кеш-пам'яті зберігаються усі посилання, частина з яких відповідає темі пошуку, але не всі вони є джерелами даних для моніторингу. Тому на наступному етапі необхідно із зібраних сторінок відібрати ті, що безпосередньо є джерелами даних моніторингу показників результативності діяльності ВНЗ. Для вирішення цієї задачі необхідна подальша обробка збережених у кеш-пам'яті посилань, яка здійснюється агентом A2.

Отже, зовнішнім середовищем для агента A2 є збережена у кеш-пам'яті веб-сторінка. Взагалі агент A2 функціонує аналогічно агенту A1, але оцінка сторінки здійснюється на базі моделі джерела даних. В якості предметних змінних розглянемо слова $W = \{w_n\}$, елементи веб-сторінки $E = \{e_m\}$.

Для кожного елементу веб-сторінки e_j предикат $R_j(w, e_j)_{w \in W_{e_j}}$ визначає

наявність певних слів або їхніх комбінацій у цьому елементі. Предикат $M(w, e) = M(R_j(w, e_j))_{w \in W, e \in E}$ визначає, чи є веб-сторінка джерелом даних за наявністю певних слів та їхніх комбінацій у всіх визначених елементах веб-сторінки.

В таблицях 8–10 наведено елементи множин станів середовища S_{A2} , сприйняття P_{A2} та дій A_{A2} агента A2.

Таблиця 8 – Стани зовнішнього середовища агента A2

Позначення	Назва	Опис
s_1	unavailable	Веб-сторінка недоступна
s_2	available	Веб-сторінка доступна

Таблиця 9 – Елементи множини сприйняття зовнішнього середовища агентом A2

Позначення	Назва	Опис
p_1	unprocessable	Веб-сторінка недоступна для обробки
p_2	positive_estimate	Веб-сторінка оцінена позитивно
p_3	negative_estimate	Веб-сторінка оцінена негативно

Таблиця 10 – Дії агента A2

Позначення	Назва	Опис
a_1	save_estimate	Зберегти оцінку веб-сторінки у кеш-пам'яті
a_2	kill_A2	Видалення агента A2

Функція сприйняття агента A2 має вигляд:

$$p = \begin{cases} p_1, & \text{якщо } E(s, s_1), \\ p_2, & \text{якщо } M_v(w, e) \wedge E(s, s_2), \\ p_3, & \text{якщо } \neg M_v(w, e) \wedge E(s, s_2). \end{cases}$$

Функція вибору дії агента A2 задається у наступному вигляді:

$$a = \begin{cases} a_1, & \text{якщо } E(p, p_2) \vee E(p, p_3), \\ a_2, & \text{якщо } (E(p, p_2) \vee E(p, p_3)) \wedge E(a, a_1). \end{cases}$$

Для кожної веб-сторінки, позитивно оціненої агентом A2, агент A0 створює агента очистки даних A3. Агент A3 створює уніфіковане подання веб-сторінки за певним шаблоном. Для цього агент аналізує елементи веб-сторінки та знаходить на них певні слова, що свідчать про відповідність показнику, визначає назву індикатора та відповідне значення. Агент A3 створює шаблон сторінки, заповнюючи відповідні елементи з використанням тезаурусу або даних із онтології предметної області.

Отже, зовнішнім середовищем для агента A3 є веб-сторінка. Нехай $L = \{l_j\}$ – множина слів, які мають відношення до показника; $U_l = \{u_{l2}\}$ – множина слів та словосполучень, які позначають індикатор; $T_l = \{t_{l7}\}$ – множина слів, які задають конкретну реалізацію індикатора l -го показника. Тоді предикат $M_L(l)$ визначає наявність даних щодо показника у заголовку веб-сторінки, предикат $M_U(u)$ визначає наявність даних щодо індикаторів у заголовках різних рівнів веб-сторінки, а предикат $M_T(t)$ визначає наявність даних щодо значень індикаторів, які розташовані у структурних елементах після назви.

В таблицях 11–13 наведено елементи відповідних множин станів середовища S_{A3} , сприйняття P_{A3} та дій A_{A3} агента A3.

Таблиця 11 – Стани зовнішнього середовища агента A3

Позначення	Назва	Опис
s_1	unprocessed	Веб-сторінка не була оброблена

Закінчення таблиці 11

Позначення	Назва	Опис
s_2	processed	Веб-сторінка була оброблена
s_3	improper_pattern	Веб-сторінка не містить даних для заповнення шаблону

Таблиця 12 – Елементи множини сприйняття зовнішнього середовища агентом А3

Позначення	Назва	Опис
p_1	page_to_be_processed	Веб-сторінка має бути оброблена
p_2	page_not_to_be_processed	Веб-сторінка не має бути оброблена

Таблиця 13 – Дії агента А3

Позначення	Назва	Опис
a_1	kill_A3	Видалення агента А3
a_2	extract_data	Видобути слова із назви, заголовків, структурних елементів веб-сторінки
a_3	save_pattern	Заповнити та зберегти шаблон

Функція сприйняття агента А3 має вигляд:

$$p = \begin{cases} p_1, & \text{якщо } E(s, s_1), \\ p_2, & \text{якщо } E(s, s_2) \vee E(s, s_3). \end{cases}$$

Функція вибору дії агента А3 має наступний вигляд:

$$a = \begin{cases} a_1, & \text{якщо } E(p, p_2) \vee (E(p, p_1) \wedge E(a, a_3)), \\ a_2, & \text{якщо } E(p, p_1), \\ a_3, & \text{якщо } E(p, p_1) \wedge E(a, a_2) \wedge M_L(l) \wedge M_U(u) \wedge M_T(t). \end{cases}$$

Описані моделі можуть бути використані для організації веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ.

Веб-моніторинг результатів наукової діяльності ВНЗ. У даній роботі в якості об'єкту моніторингу розглядається наукова діяльність ВНЗ (рис. 6). У рамках наукової діяльності виділяються три основні напрямки: участь у конференціях, публікації у періодичних виданнях та участь у наукових проектах. В якості джерел даних для моніторингу можна розглядати внутрішні джерела (звіти, офіційна документація, опитування) та зовнішні джерела. Одним із зовнішніх джерел даних є веб-простір, де містяться

свідчення результативності наукової діяльності ВНЗ (сайти ВНЗ, рейтинги ВНЗ, наукометричних баз, конференцій, журналів, персональні сторінки співробітників у соціальних мережах). Наприклад, такі результати можна знайти на сайтах, які публікують рейтинги ВНЗ. Недоліком такого виду джерела даних, як сайти, що публікують рейтинги ВНЗ, є суб'єктивність даних та недоступність інформації про те, як було розраховано кожний показник. Інформація на сайтах наукометричних баз не завжди є відкритою, окрім того ВНЗ авторів статей не завжди вказуються. Персональні веб-сторінки можуть містити інформацію про досягнення авторів, проте ідентифікація особистостей вимагає наявності списку співробітників ВНЗ.

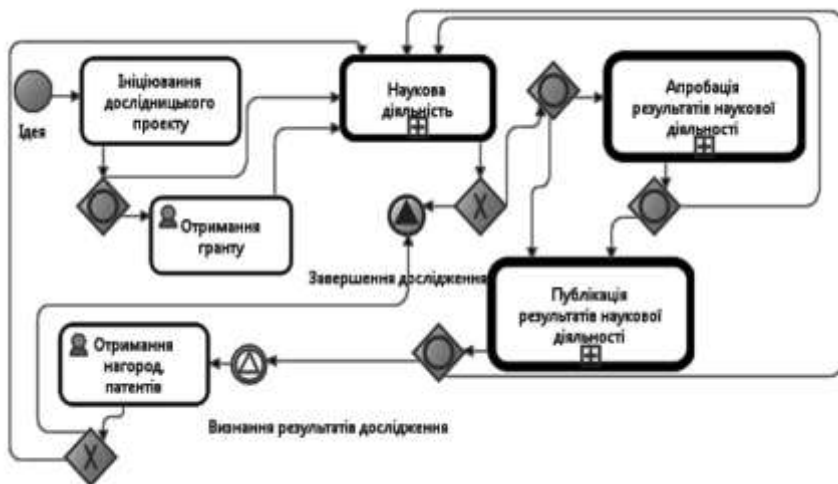


Рис. 6 – Процес організації наукової діяльності у ВНЗ

Розглянемо роботу MAC моніторингу на прикладі збору даних із сайтів наукових конференцій. Участь у конференціях з одного боку є необхідним кроком для апробації наукових ідей та презентації отриманих результатів, а з іншого боку відображає рівень організації та ефективності наукової діяльності у ВНЗ. Наприклад, активність ВНЗ організації конференцій можна оцінити за такими індикаторами, як: активність участі в програмних комітетах, активність участі в організаційних комітетах, ВНЗ в ролі місця проведення конференції, участь в ролі спеціально запрошених гостей. У якості джерел даних для визначення цих індикаторів можна розглядати сайти конференцій.

На основі описаних моделей було реалізовано підсистему пошуку джерел даних MAC веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ (рис. 7).

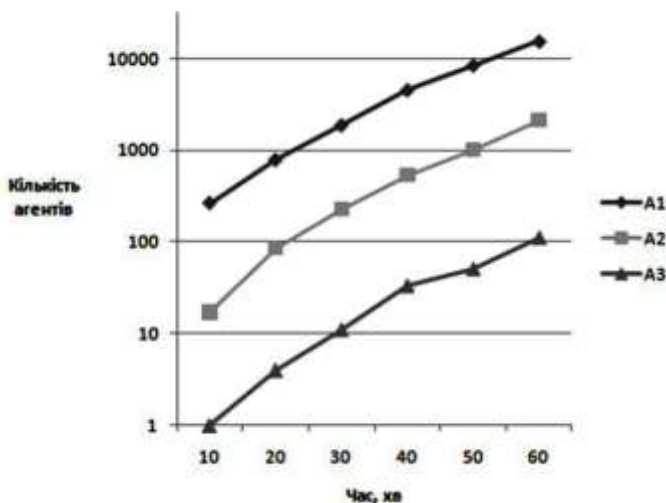


Рис. 7 – Кількість агентів різних типів

Висновки. Отже, у даній роботі було представлено MAC веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ. Формалізація архітектури агентів є необхідною передумовою створення зазначеної програмної системи. За допомогою формальних засобів моделювання можливо описати зовнішнє середовище агента, сприйняття ним цього середовища та послідовність виконання дій. У розроблених агентів підсистеми пошуку джерел даних функція сприйняття зовнішнього середовища подібна до інтелектуальної процедури оцінювання веб-сторінки людиною. Це пояснює використання методу компараторної ідентифікації з метою моделювання процесу оцінювання веб-сторінки на предмет її відповідності темі пошуку, моделі джерела даних для певного показника та моделі шаблону.

Подальші дослідження мають на меті формалізацію функціонування агентів підсистеми видобування даних та вимірювання, що є також складовими частинами системи веб-моніторингу. Окрім цього, особливої уваги заслуговують задачі дослідження MAC веб-моніторингу результатів наукової діяльності ВНЗ з точки зору її гнучкості, масштабованості та здатності до перенесення.

Список літератури: 1. Ландэ Д.В. Поиск знаний в Internet. Профессиональная работа / Д. В. Ландэ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 272 с. 2. Cherednichenko O. Towards Quality Monitoring and Evaluation Methodology: Higher Education Case-Study / O. Cherednichenko, O. Yangolenko // In H.C. Mayr et al. (Eds.): UNISCON 2012, LNBP. – 2013. – vol. 137. – P. 120–127. 3. Cherednichenko O. Monitoring and Evaluation Problems in Higher Education: Comprehensive Assessment Framework Development / O. Cherednichenko, O. Yanholenko, I. Liutenko, O. Iakovleva // Proc. of the 5-th Int. Conf. on Computer Supported Education CSEDU 2013, SCITEPRESS. – 2013. –

P. 455–460. **4.** *Cherednichenko O.* Towards Web-Based Monitoring Framework for Performance Measurement in Higher Education / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko* // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – 2013. – Vol. 8. – p. 151–155. **5.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring and Evaluation: Research Activity Assessment Case Study / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, O. Iakovleva* // Proceedings in Scientific Conference SCIECONF 2013, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2013. – P. 455–458. **6.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring: Multiagent Implementation of Data Sources Searching / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, A. Norbutaev* // Proceedings in 2-nd Global Virtual Conference. GV-CONF 2014, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2014. – P. 567–570. **7.** *Symeonidis A. L.* Agent Intelligence through Data Mining / *A. L. Symeonidis, P. A. Mitas.*– Aristotle University of Thessaloniki, Springer, 2005. – 201 p. **8.** *Wooldridge M. J.* An introduction to multiagent systems / *M. J. Wooldridge.* – John Wiley & Sons, LTD, 2002. – 348 p. **9.** *Wooldridge M. J.* Intelligent Agents/ *M. J. Wooldridge* // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27–79. **10.** *Бугайченко Д. Ю.* Абстрактная архитектура интеллектуального агента и методы ее реализации / *Д. Ю. Бугайченко, И. П. Соловьев* // Системное программирование. – 2005. – С. 36–67. **11.** *Rassel S.* Искусственный интеллект: современный подход, 2е издание / *S. Rassel, P. Norvig.* – М.: Вильямс, 2006. – 1410 с. **12.** *Бондаренко М. Ф.* Теория интеллекта: Учебник / *М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко.* – Х.: ООО «Компания СМІТ», 2006. – 576 с. **13.** *Бондаренко М. Ф.* Мозгоподобные структуры: Справочное пособие. Том первый / *М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко.* – К.: Наукова думка, 2011. – 460 с.

Bibliography (transliterated): **1.** Lande D. V. Poiskznaniy v Internet. Professionalnaya rabota / D. V. Lande. – М.: Izdatelskiy dom «Vilyams», 2005. **2.** *Cherednichenko O.* Towards Quality Monitoring and Evaluation Methodology: Higher Education Case-Study / *O. Cherednichenko, O. Yangolenko* // In H.C. Mayr et al. (Eds.): UNISCON 2012, LNBIP. – 2013. – Vol. 137. – P. 120–127. **3.** *Cherednichenko O.* Monitoring and Evaluation Problems in Higher Education: Comprehensive Assessment Framework Development / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, I. Liutenko, O. Iakovleva* // Proc. of the 5-th Int. Conf. on Computer Supported Education CSEDU 2013, SCITEPRESS. – 2013. – P. 455–460. **4.** *Cherednichenko O.* Towards Web-Based Monitoring Framework for Performance Measurement in Higher Education / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko* // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. – 2013. – Vol. 8. – P. 151–155. **5.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring and Evaluation: Research Activity Assessment Case Study / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, O. Iakovleva* // Proceedings in Scientific Conference SCIECONF 2013, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2013. – P. 455–458. **6.** *Cherednichenko O.* Web-Based Monitoring: Multiagent Implementation of Data Sources Searching / *O. Cherednichenko, O. Yanholenko, A. Norbutaev* // Proceedings in 2-nd Global Virtual Conference. GV-CONF 2014, EDIS Publishing Institution of the University of Zilina. – 2014. – P. 567–570. **7.** *Symeonidis A. L.* Agent Intelligence through Data Mining / *A. L. Symeonidis, P. A. Mitas.*– Aristotle University of Thessaloniki, Springer, 2005. – 201 p. **8.** *Wooldridge M. J.* An introduction to multiagent systems / *M. J. Wooldridge.* – John Wiley & Sons, LTD, 2002. – 348 p. **9.** *Wooldridge M. J.* Intelligent Agents/ *M. J. Wooldridge* // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27–79. **10.** *Bugaychenko D. Yu.* Abstraktnaya arhitektura intelektualnogo agenta i metody iee realizatsii / *D. Yu. Bugaychenko, I. P. Solovjev* // Sistemnoe programmirovaniye. – 2005. – P. 36–67. **11.** *Rassel S.* Iskusstvennyiy intellekt: sovremennyyi podhod, 2e izdaniye / *S. Rassel, P. Norvig.* – М.: Vilyams, 2006. **12.** *Bondarenko M. F.* Teoriya intellekta: Uchebnik / *M. F. Bondarenko, Yu. P. Shabanov-Kushnarenko.* – H.: ООО «Kompaniya SMIT», 2006. **13.** *Bondarenko M. F.* Mozgopodobnyie struktury: Spravochnoe posobie. Tom pervyyiy / *M. F. Bondarenko, Yu. P. Shabanov-Kushnarenko.* – K.: Naukova dumka, 2011.

Надійшло (received) 05.09.2014