

DOI: 10.18372/2310-5461.52.16379

УДК 004.056

В. С. Наконечний, д-р техн. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0002-0247-5400
e-mail: nvc2006@i.ua;

О. А. Лаптев, д-р техн. наук, стар. наук. співроб.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org: http://orcid.org/0000-0002-4194-402X
e-mail: alaptev64@ukr.net;

С. С. Погасій, канд. екон. наук, доц.
Харківський національний економічний
університет імені Семена Кузнеця
orcid.org/0000-0002-4540-3693
e-mail: spogasiy1978@gmail.com;

С. В. Лазаренко, д-р техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет,
orcid.org/0000-0003-3529-4806
e-mail: zzi.lazarenko@nau.edu.ua;

Г. В. Мартинюк, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет,
orcid.org/0000-0003-4234-025X
e-mail: ganna.martyniuk@gmail.com

ВІДБІР ДЖЕРЕЛ З НЕПРАВДИВОЮ ІНФОРМАЦІЮ МЕТОДОМ БДЖОЛИНОЇ КОЛОНІЇ

Вступ

Останніми роками інтенсивно розвиваються методи пошукової оптимізації, які називають поведінковими, інтелектуальними, метаевристичними, натхненними (інспірованими) природою, ройовими, багатоагентними, популяційними тощо.

У бізнесі є завдання, які потрібно вирішувати дуже швидко, але за допомогою звичайних математичних підходів знайти ефективні рішення складно чи практично неможливо. Взаємодія бджіл із навколишнім середовищем і всередині рою підказали математикам підходи до пошуку оптимальних рішень таких складних завдань.

За допомогою популяційних методів успішно вирішуються складні оптимізаційні завдання, наприклад, завдання автоматизованого проектування, синтезу складних хімічних сполук, оптимального управління динамічними системами і т. п.

Усі популяційні методи відносяться до класу евристичних алгоритмів (*heuristic algorithms*), тобто алгоритмів, для яких збіжність до глобального рішення не доведена, але експериментально встановлено, що у більшості випадків вони дають достатньо гарантований результат [4]. Одним зі таких методів є метод заснований на по-

ведінці бджіл при зборі нектару у природі. Це зовсім молодий метод, запропонований Д. Карабога у 2005 році.

Головна особливість якого полягає в тому, що йому не потрібно розуміти спеціальну інформацію про проблему, потрібно лише оптимізувати проблему. У випадку виявлення та розпізнавання неправдивої інформації не треба розпізнавати неправдиву інформацію, потрібно лише виявляти джерела, де вона знаходиться та через які розповсюджується.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням захисту, виявлення неправдивої інформації, розробки методів оптимізації джерел інформації по контенту присвячено значна кількість публікацій.

Так у праці [5], як і метод тематичного сегментування багато масштабної послідовності зображень запропоновано обрати метод ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії), наведено математичне формулювання завдання сегментування багатомасштабної послідовності зображень.

Як параметр, що оптимізується, обрано поріг сегментування, а оптимізація полягає у мінімізації цільової функції.

Наведені результати ітераційного процесу визначення порогу на етапах ітерації та удосконалено метод ройового інтелекту (штучної бджолої колонії), тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження. Але, ця робота цілком направлена тільки на сегментацію зображень та не чіпає оптимізацію інших наукових аспектів, що робить роботу вузько цілеспрямованою.

У працях [6; 7] розглядається знаходження частотних складових звукового спектру бджолої сім'ї, які дозволять надійно відрізнити такі стани бджолої сім'ї як: стан колонії під час медозбору та його відсутності, стан колонії під час втрати «королеви». Також класифікаційне завдання включає розробку правил прийняття відповідних рішень на основі отриманих інформаційних частотних складових. Це дослідження також не пропонує загальних методів оптимізації.

У праці [8] розглядається алгоритм розв'язання задачі розміщення, на основі моделювання поведінки бджолої колонії. Описано моделі поведінки агентів розвідників та агентів фуражирів, механізми пошуку та вибір позицій у заданій околиці. Наведено загальну структуру оптимізаційного процесу. Але дослідження методу для вирішення конкретного завдання оптимізації не наводиться.

У праці [9] розглянуто метод бджолої колонії та його модифікації як спосіб розв'язання складних комбінаторних задач оптимізації. Досліджено біологічне підґрунтя, переваги, недоліки та напрями використання цього методу. Рішення завдання оптимізації не додається.

У праці [10] розглядаються основні засади роботи простого бджолоїного алгоритму, покращеного бджолоїного алгоритму, а також алгоритм колонії бджіл. Усі ці алгоритми моделюють поведінку бджіл у живій природі у пошуках нектару. Проводиться порівняння тимчасової складності запропонованих алгоритмів, і навіть всі алгоритми порівнюються у межах параметрів що використовуються.

Разом з тим, у цих роботах не повною мірою відображені питання відбору джерел інформації з неправдивою інформацією.

Таким чином, на даний час в практиці і теорії побудови систем захисту інформації від розповсюдження неправдивої інформації загострилося протиріччя між необхідністю швидкого й гарантованого виявлення та точного розпізнання неправдивої інформації, і можливостями існуючих методів, які використовуються для виявлен-

ня та блокування неправдивої інформації в інформаційному просторі.

Виходячи з вищевикладеного розробка та удосконалення методів для виявлення неправдивої інформації в інформаційному просторі є актуальними.

Виклад основного матеріалу

У ході дослідження даного методу не моделювалося життя бджіл, що однозначно копіює існуючу природну екосистему, а використовувалася імітація колонії, як засіб оптимізації, при якому система дещо відрізняється від природного. Опишемо суть роботи методу бджолої колонії. Для популяційних методів, як загальну назву членів популяції, використовують термін «агент». У різних популяційних методах агенти називаються *індивідами*, частками, мурахами, бджолами і так далі. Для методів виявлення неправдивої інформації агентом буде — неправдива інформація.

Загальна схема популяційних методів включає такі етапи.

1. Ініціалізація популяції. У зоні пошуку, тим або іншим чином, створюється деяке число початкових наближень для розв'язання задачі — ініціалізується популяція агентів.

2. Міграція агентів популяції. За допомогою деякого набору міграційних операторів, специфічних для кожного з популяційних методів, агенти переміщуються в зони пошуку таким чином, щоб наблизитися до екстремуму функції, що оптимізується.

3. Завершення пошуку. Перевіряється виконання умов закінчення ітерацій і, якщо вони виконані, завершується обчислення та приймається краще зі знайдених положень агентів популяції за наближеним розв'язанням завдання. Якщо вказані умови не виконані, повертаємося до виконання етапу 2.

Коллективна система здатна розв'язувати складні динамічні завдання по виконанню спільної роботи, яка не могла б виконуватися кожним елементом системи окремо в різноманітних середовищах без зовнішнього управління, контролю або координації.

У таких випадках йдеться мова про ройовий інтелект (*swarm intelligence*), як про хитромудрі способи кооперативної поведінки, тобто стратегію виживання.

Одним із новітніх мультиагентних методів інтелектуальної оптимізації є метод бджолої колонії, який ми пропонуємо використовувати для виявлення, розпізнавання та локалізації неправдивої інформації [3].

Аналіз інформативності ознак розпізнавання на основі методу бджолоїної колонії

Метод штучної бджолоїної колонії (*Artificial Bee Colony method*) є досить молодим алгоритмом для знаходження глобальних екстремумів складних багатовимірних функцій. Основна ідея парадигми методу бджолоїної колонії взята з поведінки бджіл при пошуку місць, де можна знайти якомога більше нектару [9].

Відомо [10], що бджоли одночасно можуть долати великі відстані (більше 8 км) у різних напрямках у пошуках джерел нектару. Спочатку з вулика у випадковому напрямку вилітає певна кількість бджіл-розвідників, які намагаються відшукати ділянки, де є нектар. З поверненням у вулик розвідники, засобами особливого «танцю», повідомляють іншим бджолам, де і скільки вони знайшли нектару. Після цього на знайдені ділянки вирушають інші бджоли-фуражири, при цьому, чим більше на цій ділянці передбачається знайти нектару, тим більше фуражирів летить у цьому напрямку, а розвідники знову відлітають шукати інші джерела. Після чого процес повторюється.

Основна ідея парадигми бджолоїної колонії полягає у використанні дворівневої стратегії пошуку на кожній ітерації. На першому рівні, за допомогою бджіл-розвідників, формується безліч перспективних областей (джерел), на другому рівні, за допомогою бджіл-фуражирів, здійснюється дослідження околиць цих областей (джерел). Мета бджолоїної колонії знайти джерело, що містить максимальну кількість нектару (глобальний екстремум функції).

Метод бджолоїної колонії належить до класу популяційних, ітераційних алгоритмів. Суть ітераційної процедури полягає у виконанні дій, що повторюються на кожній ітерації та полягає в тому, що рішення на кроці t формується шляхом змін рішень, отриманих на кроці $t - 1$. При цьому зміни, що вносяться, як правило, незначні.

Найважливішим поняттям популяційних методів є поняття фітнес-функції (*fitness-function*). Часто цю функцію називають функцією придатності, функцією корисності, функцією пристосованості тощо. Важливість функції зумовлена тією обставиною, що за її допомогою оцінюють «якість» агентів популяції.

Стратегічно, у процесі міграції агенти рухаються так, щоб наблизитися до глобального екстремуму фітнес-функції.

Отже, ідея пошуку глобального екстремуму фітнес-функції, або для нашого випадку максимально інформативних ознак, може полягати в такому. Якщо за об'єкт, який потрібно класифікувати, прийняти конкретний тип меду (греча-

ний, липовий і т. д.), то області з інформативними ознаками (гречане поле, липовий гай і т. д.) будуть знайдені бджолами-розвідниками, а максимально інформативні ознаки, тобто конкретні точки збору нектару (глобальний максимум функції), уточнені бджолами-фуражирами.

Уявімо тепер, що розташування глобального екстремуму може бути єдиним, тобто в інших місцях нектар є, але його менше.

Бджоли живуть не на площині, де для визначення місця розташування ділянок вистачає знати дві координати, а у багатовимірному просторі, де кожна координата є окремим параметром функції, яку потрібно оптимізувати.

Знайдена кількість нектару є значенням цільової функції в цій точці (у разі, якщо ми шукаємо глобальний максимум, якщо ми шукаємо глобальний мінімум, то цільову функцію досить помножити на -1).

Метод бджолоїної колонії має такі особливості:

1. Усі агенти поділяються на різні типи відповідно до дій, які вони виконують у процесі розв'язання задачі.

1.1. Зайняті фуражири забезпечують використання вже знайдених джерел нектару, тобто трохи змінюють розв'язання задачі, вже знайдене раніше.

1.2. Незайняті фуражири забезпечують продовження пошуку нових джерел нектару, тобто агенти такого типу виконують пошук нових допустимих розв'язань задачі. Незайняті фуражири у свою чергу бувають двох типів.

1.2.1. Спостерігачі — чекають у вулику інших агентів. Вони не виконують ніяких дій, вони фактично чекають моменту, коли їм треба буде також почати пошук рішень.

1.2.2. Розвідники — забезпечують пошук нових джерел нектару. При цьому, пошук здійснюється випадковим чином, тобто вони випадково обирають в просторі пошуку можливе розв'язання.

2. Зв'язок між рішеннями агентів здійснюється шляхом моделювання виконання бджолами «танцю», що забезпечує утворення двох типів зворотного зв'язку: позитивного та негативного. Позитивний зворотний зв'язок полягає в тому, що агенти, ґрунтуючись на інформації про рішення від інших агентів, можуть почати досліджувати рішення, отримане іншим агентом.

Негативний зворотний зв'язок полягає в тому, що агенти отримавши інформацію про знайдені рішення іншими агентами, можуть припинити розгляд свого варіанта розв'язання завдання пошуку глобального екстремуму в зв'язку з гіршими характеристиками, порівняно з отриманими результатами інших агентів.

3. Процес пошуку рішення забезпечується двома процедурами.

3.1. Знаходження нових джерел нектару в усьому просторі пошуку, який досягається за допомогою агентів-розвідників. Таким чином, забезпечується дослідження всього простору пошуку.

3.2. Поглиблене використання областей, у яких знаходяться вже знайдені джерела нектару (досягається за допомогою зайнятих фуражирів). Тобто, знаходяться рішення, що лежить в просторі пошуку поблизу від даного рішення.

Розробка поведінкової моделі самоорганізації бджолоїної колонії полягає в розробці таких методів і механізмів [12]:

- формування простору пошуку;
- формування кількісного складу рою агентів-розвідників і рою агентів-фуражирів;
- пошук агентами-розвідниками перспективних позицій;
- вибір базових позицій серед перспективних, для дослідження їх околиць;
- вибір агентами-фуражирами базових позицій;
- формування околиць базових позицій;
- вибір агентами-фуражирами позицій в околицях або поблизу базових позицій;
- загальна структура оптимізаційного процесу.

Перше завдання під час розробки алгоритму, на основі парадигми бджолоїної колонії, полягає у формуванні простору пошуку. Позиція простору пошуку представляється у вигляді наборів різного роду параметрів і залежностей між ними.

Ключовою операцією методу бджолоїної колонії є дослідження перспективних позицій та їх околиць у просторі пошуку. Розуміння, що спочатку вкладається в поняття околиці, полягає в тому, що рішення, які лежать в околиці деякої позиції, мають високу міру подібності та, як правило, трохи відрізняються одне від одного. Основними параметрами методу бджолоїної колонії є: кількість агентів n_b ; максимальна кількість ітерацій L ; початкова кількість агентів-розвідників n_r ; обмеження максимальної кількості агентів-розвідників; значення порогу розміру околиці λ та ін.

На початку процесу пошуку всі агенти розташовані у вулику, тобто поза простором пошуку.

На першій ітерації ($l=1$) агенти-розвідники в кількості n_r випадковим чином розміщуються в просторі пошуку. Іншими словами, випадковим чином формуються n_r рішень. З них обирається n_b кращих рішень, сукупність яких складає множину базових позицій.

Пропонуються три підходи до визначення числа агентів-фуражирів, що направляються в околиці кожної базової позиції. При першому підході агенти-фуражири розподіляються по базових позиціях рівномірно. При другому підході агенти-фуражири розподіляються по базових позиціях пропорційно значенню цільової функції позиції. При третьому підході реалізується ймовірнісний вибір.

Ймовірність вибору агентом-фуражиром базової позиції пропорційна значенню цільової функції в цій позиції.

При першому і другому підходах число рішень в околицях розраховується, при третьому підході — визначається випадково.

Після вибору агентом-фуражиром b_z базової позиції, реалізується ймовірнісний вибір позиції a_z , розташованої в околиці базової позиції a_s^b .

Позначимо множину позицій, обраних агентами-фуражирами в околиці позиції a_s^b , як O_s^b . Назвемо множину позицій $O_s^b \cup a_s^b$ областю D_s^b .

У кожній області D_s^b обирається краща позиція a_s^* , з кращою оцінкою F_s^* . Назвемо F_s^* оцінкою області D_s^b . Серед F_s^* обирається краща оцінка F^* і відповідне рішення, яке знайдене на цій ітерації спільно роєм розвідників і роєм фуражирів. Краще рішення з оцінкою F^* зберігається, а потім відбувається перехід до наступної ітерації.

На рис. 1 показано, як із зростанням кількості ітерацій відбувається скорочення площі, пошук екстремуму [14].

Відмітимо, що в даній парадигмі бджолоїної колонії не важливо знати яким агентом обрана позиція в просторі пошуку. Важливо знати число агентів-розвідників і число агентів-фуражирів, а також які саме позиції обрані агентами-розвідниками, а які — агентами-фуражирами.

На другій і подальших ітераціях множина базових позицій формується з двох частин. У першу частину включаються кращі позиції, знайдені агентами в кожній з областей, сформованих на попередній ітерації.

Друга частина формується бджолами-розвідниками також, як і на першій ітерації. Далі виконуються дії, аналогічні діям розглянутим на першій ітерації.

Відповідно до запропонованих у праці [15] математичними моделями поведінки бджіл, розроблена модифікація методу бджолоїної колонії для відбору інформативних ознак при побудові класифікаційних моделей в завданнях розпізнавання за ознаками, що складається з таких кроків.

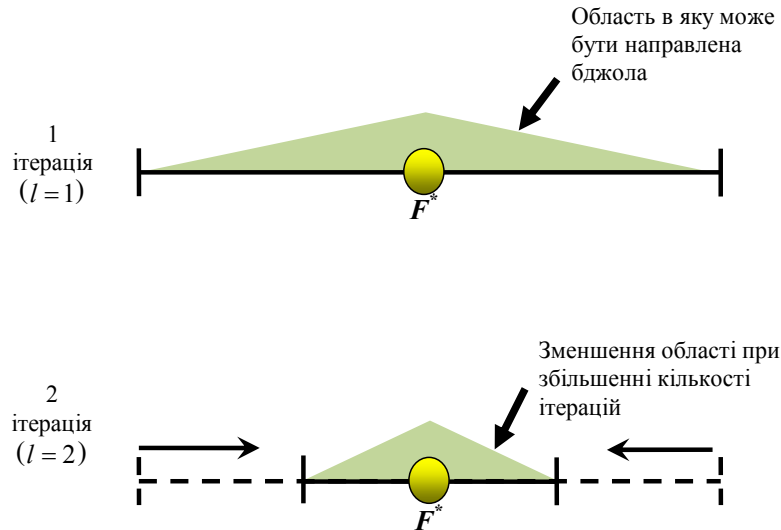


Рис. 1. Принцип одержання кращого рішення в просторі пошуку екстремуму при збільшенні кількості ітерацій методом бджолоїної колонії

Крок 1. Ініціалізація. Задаються основні параметри методу бджолоїної колонії: кількість агентів B , максимальна кількість ітерацій L_{\max} , початкова кількість агентів-розвідників Ex_{start} , обмеження максимальної кількості агентів-розвідників Ex_{\max} , значення порогу корисності s_{\min} . Також задається загальна кількість ознак M і кількість ознак N , яку слід залишити. Після чого створюється простір пошуку порядку $N \times M$.

Крок 2. Запуск розвідників. Розвідники випадковим чином розміщуються в просторі пошуку. При цьому, обране розташування (точка в просторі пошуку) має бути таким, щоб не було однакових значень координат.

Крок 3. Відправка зайнятих фуражирів. Зайняті фуражири закріплені за певними джерелами ресурсів. Початкове значення зайнятих фуражирів $B_e = 0$, оскільки на початку роботи методу ще немає джерел ресурсів, за яким можуть бути закріплені зайняті фуражири.

Корисність перебування агента в джерелі h на ітерації ℓ за умови, що в цьому джерелі знаходиться x_k агентів, розраховується за формулою:

$$s_h(\ell) = \frac{a_k}{x_h(\ell)}, \quad h = \overline{1, N \times M}, \quad (1)$$

де a_k — кількість корисної речовини (нектару), що виробляється джерелом в одиницю часу.

$$F^i(\ell) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } J_f(h^i(\ell)) + w_f^i(\ell) > 1; \\ J_f(h^i(\ell)) + w_f^i(\ell) > 1, & \text{якщо } e_n < J_f(h^i(\ell)) + w_f^i(\ell) < 1; \\ 0, & \text{якщо } 0 < J_f(h^i(\ell)) + w_f^i(\ell) < e_n, \end{cases} \quad (4)$$

Кількість корисної речовини a_k визначається після складання моделі на основі положення відповідного джерела. В аспекті завдання відбору ознак, кількість корисної речовини a_k пропонується розраховувати як зворотне значення помилки моделі ε_h :

$$a_k = \frac{E}{\varepsilon_h}, \quad (2)$$

де E — коефіцієнт, що знижує міру впливу помилки ε_h .

Якщо корисність перебування $S_h(t)$ досягає значення порогу $S_h < S_{\min}$, то агент переміщується в найближчу точку від точки h простору пошуку. Нове положення визначається шляхом зміни значення однієї з координат поточного положення агента:

$$z_r = z_r + k \Delta z, \quad (3)$$

де z_r — координата, яка змінюється; r — випадковим чином обраний номер координати для зміни; k — коефіцієнт, що визначає напрям зміни значення координати, може дорівнювати $+1$ або -1 ; Δz — межа в якій може змінюватися змінна.

За рахунок цього виконується дослідження області, в якій знаходиться раніше виявлене джерело ресурсів.

Крок 4. Розрахунок корисності отриманого ресурсу. Сумарна корисність фуражування зайнятого фуражира або розвідника i розраховується за формулою:

де $F^i(\ell)$ — корисність фуражування i -го агента; $w_f^i(\ell)$ — шум у сумарній корисності, рівномірно розподілений у межах $(-w_f; +w_f)$; значення w_f обирається експериментально (пропонується $w_f = 0,1$); e_n — мінімальний поріг корисності, який обирається експериментально (пропонується $e_n = 0,1$); $J_f(h^i(\ell))$ — корисність джерела h^i , у якому побував i -й агент на ітерації t .

Корисність джерела h пропонується розраховувати за формулою:

$$J_f(h) = \frac{\varepsilon^*}{\varepsilon_h}, \quad (5)$$

де ε^* — задана (потрібна) точність рішення.

Корисність незайнятих фуражирів покладається 0: $F^i(\ell) = 0$.

Крок 5. Вибір кращого результату та перевірка, чи досягається задана точність ε^* . Якщо точність досягається, то виконується перехід до кроку 9, інакше — перехід до кроку 6.

Крок 6. Моделювання виконання «танцю», за рахунок чого досягається обмін інформацією. Кожен агент приймає рішення виконувати або не виконувати «танець». При цьому, імовірність виконання «танцю» i -м агентом на ітерації ℓ розраховується за формулою:

$$p(i, \ell) = \frac{1}{\beta} L_f^i(\ell), \quad (6)$$

де $\beta > 0$ — коефіцієнт, що знижує вплив переваги шляху на ймовірність виконання «танцю»; $L_f^i(\ell)$ — імовірність «танцю» i -го агента на ітерації ℓ . $L_f^i(\ell)$ розраховується за формулою:

$$L_f^i(\ell) = \max \{ (F^i(\ell) - \alpha \bar{F}(\ell)), 0 \}, \quad (7)$$

де $\bar{F}(\ell)$ — середнє значення корисності усіх джерел; α — коефіцієнт, що керує впливом величини $\bar{F}(\ell)$ на $L_f^i(\ell)$.

Крок 7. Виділення і вербування нових розвідників. Кожен незайнятий фуражир може стати розвідником або піти за іншим агентом.

Імовірність того, що незайнятий фуражир стане розвідником, розраховується за формулою:

$$p_e(\ell) = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{L_e^2(\ell)}{\sigma^2}\right), \quad (8)$$

де σ — коефіцієнт, який необхідний для моделювання поведінки фуражування; $L_e(\ell)$ — сума переваги «танців» різних агентів $L_e(\ell) = \sum_{i=1}^B L_f^i(\ell)$.

Крім того, незайнятий фуражир може підлягати вербуванню, тобто слідувати за i -м агентом. Імовірність того, що незайнятий фуражир піде за i -м агентом, пропонується розраховувати за формулою:

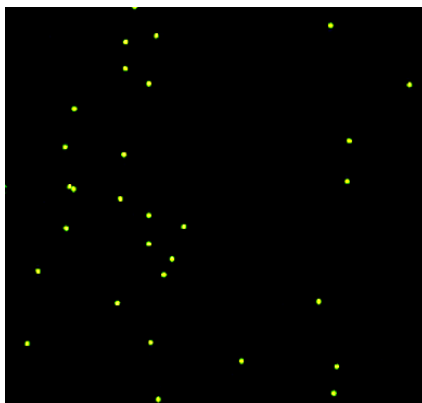
$$p_i(\ell) = \frac{L_f^i(\ell)}{\sum_{j=1, j \neq i}^B L_f^j(\ell)}, \quad (9)$$

Крок 8. Збільшується лічильник ітерацій $\ell = \ell + 1$: Якщо $\ell < L_{\max}$, то виконати перехід до кроку 2, інакше — перехід до кроку 9.

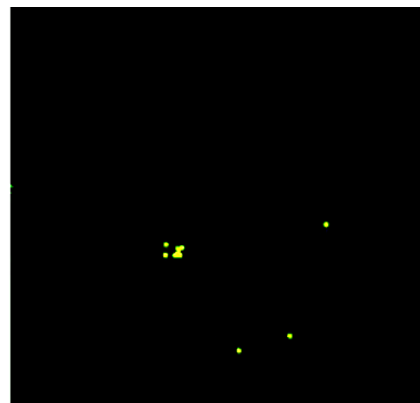
Крок 9. Зупинка.

Як приклад на рис. 2 показаний результат роботи алгоритму оптимізації методом бджолиної колонії.

Початок пошуку глобальних максимумів демонструє рис. 2, а, а рис. 2, б після знаходження варіантів рішення. З рис. 2, б видно, що застосування методу бджолиної колонії значно зменшує розмірність знакового простору.



а



б

Рис. 2. Приклад розрахунку оптимізації методом бджолиної колонії: а — на початку роботи; б — після знаходження варіантів рішення

Наведені результати доводять можливість методу бджолоїної колонії оптимізувати результати, тобто зі всієї множини джерел інформації, метод бджолоїної колонії, шляхом оптимізації, може значно обмежувати кількість джерел інформації, виявляти вузьке коло джерел, в яких може бути неправдива інформація. У подальшому це дозволить з більшою достовірністю розпізнавати саме джерела з неправдивою інформацією та заблокувати їх.

Висновки

Аналіз використаного методу бджолоїної колонії доводить такі переваги:

- не схильність до зациклення в локальному оптимумі, оскільки базується на випадковому пошуку;
- пошук кращого розв'язання ґрунтується на рішеннях агентів усієї колонії бджіл;
- можливість застосовування в динамічних системах, оскільки здатний адаптуватися до змін довкілля;
- мультиагентність реалізації;
- може використовуватися для розв'язання як дискретних, так і безперервних завдань оптимізації.

До недоліків методу бджолоїної колонії можна віднести:

- достатньо високу ітеративність;
- труднощі теоретичного аналізу процесу отримання рішень, обумовлені тим, що пошук рішення має стохастичну природу;
- апріорна невизначеність часу збіжності, хоча збіжність гарантується;
- залежність методу від налаштування параметрів, що підбираються експериментально. Проте значення параметрів може бути отримане через проведення невеликої кількості експериментів.

При застосуванні обмежень та обтяжень, запропонований метод бджолоїної колонії гарантує відбір джерел інформації з неправдивою інформацією з високою ймовірністю. Аналіз збіжності результатів експериментальних та розрахункових значень доводить достовірність методу.

Напрямок наступних досліджень може бути розробка синергії різних методів виявлення неправдивої інформації із застосуванням методу бджолоїної колонії.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Лебедев В. Б. Интеграция моделей адаптивного поведения пчелиной колонии и эволюционной адаптации. *Информатика, вычислительная техника и инженерное образование*. 2013. № 4 (15). С. 1–7.
- [2] Лебедев Б. К. Лебедев О. Б. Моделирование адаптивного поведения муравьиной колонии при поиске решений, интерпретируемых деревьями. *Известия ЮФУ*. 2012. № 7. С. 27–35.
- [3] Лаптев О. А., Савченко В. А., Савченко В. В., Мацько О. Й., Кізяк Я. О., Лазаренко С. В. Мультиагентна технологія пошуку цифрових радіозакладних пристроїв на основі кластеризації за методом бджолоїної колонії. *Захист інформації*. 2019. Том 21. №3. С. 194–202. DOI: 10.18372/2410-7840.21.13955
- [4] Лаптев О. А., Собчук В. В., Саланди И. П., Сачук Ю. В. Математична модель структури інформаційної мережі на основі нестационарної ієрархічної та стаціонарної гіпермережі. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2019. Вип. 64. С. 124–132. DOI: 10.17721/2519-481X/2019/64-12
- [5] Svynchuk O., Varabash O., Nikodem J., Kochan R., Laptiev O. Image compression using fractal functions. *Fractal and Fractional*. 2021. № 5(2). Вип. 31. Рр. 1–14. DOI: 10.3390/fractalfract5020031-14 Apr. 2021.
- [6] Хижняк І. А. Метод ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження. *Кибернетика та системний аналіз*. №2(56). 2018. С. 104–112.
- [7] Karaboga D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization Technical Report TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 2005.
- [8] Кулієв Е. В., Лежебоков А. А., Кравченко Ю. А. Ройовий алгоритм пошукової оптимізації на основі моделювання поведінки кажанів. *Програмні продукти, системи та алгоритми. Технічні науки*. 2016. № 7. С. 53–62.
- [9] Kureichik V. V., Zaruba D. V., Zaporozhets D. Y. Algorithm parametric heskoyoptimizatsii nonwoven model provident aromas vetlyachkov. Parametric optimization algorithm based on the model of glowworm swarm behavior. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2015. № 6 (167), pp. 6–15.
- [10] Лаптев О. А., Собчук В. В., Савченко В. А. Метод підвищення завадостійкості системи виявлення, розпізнавання і локалізації цифрових сигналів в інформаційних системах. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2019. Вип. 66. С. 124–132.
- [11] Лаптев О. А. Експериментально-статистичний метод обчислення кореляційної взаємозалежності параметрів розпізнавання засобів негласного отримання інформації. *Сучасний захист інформації*. 2019. № 3(39). С. 23–29.

- [12] Lebedev B. K., Kudryakova T. Y. Mechanisms of Adaptive Ant Colony Behavior in Placement Problem. *Advances in Intelligent and Computing. Proc. of the Intern. Sc. Conf. ITI16*. Springer, (Czech Republic, 2016). 2016. Vol.1, pp. 443–451.
- [13] Лаптев О. А. Новий метод спектрального аналізу визначення випадкових цифрових сигналів на фоні легальних радіосигналів. *Сучасний захист інформації*. 2019. № 4(40). С 25–31. DOI: 10.31673/2409-7292.2019.047081
- [14] Samoilenko A. M., Samoilenko V. G., Sobchuk V. V. On periodic solutions of the equation of a nonlinear oscillator with pulse influence. *Ukrainian Mathematical Journal*. 1999. Вип. (51). 6 Springer New York. P. 926–933.
- [15] Sobchuk A. V., Sobchuk V. V., Barabash O. V., Lyashenko I. O. Functionally sustainable wireless sensor network technologies aspects analysis. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences* (VII (23), Issue 193, Budapest, Hungary). 2019, pp. 46–48.

**Наконечний В. С., Лаптев О. А., Погасій С. С., Лазаренко С. В., Мартинюк Г. В.
ВІДБІР ДЖЕРЕЛ З НЕПРАВДИВОЮ ІНФОРМАЦІЮМЕТОДОМ БДЖОЛИНОЇ КОЛОНІЇ**

Основною метою еволюційної оптимізації є пошук такого поєднання параметрів (незалежних змінних), яке б сприяло максимізації або мінімізації якісних, кількісних та ймовірнісних характеристик розв'язуваної задачі. Останнім часом стала вельми поширеною отримали інтегровані методи оптимізації, які запозичують основні засади своєї роботи із живої природи. Дослідники експериментують з різними типами уявлень, так, еволюційні та генетичні алгоритми використовують методи селекції та генетичні оператори, відомо велике число алгоритмів заснованих на методі рою частинок.

Штучна бджолина колонія — це метод оптимізації, що імітує поведінку бджіл, специфічне застосування кластерного інтелекту, головна особливість якого полягає в тому, що йому не потрібно розуміти спеціальну інформацію про проблему, потрібно лише оптимізувати проблему. Порівняння неповноцінності за допомогою локальної оптимізаційної поведінки кожної людини зі штучною бджолою, нарешті, призводить до появи у групі глобального оптимального значення з вищою швидкістю збіжності.

У статті розглядається метод розв'язання задачі оптимізації, на основі моделювання поведінки бджолиної колонії. Опис моделі поведінки агентів розвідників та агентів фуражирів, механізми пошуку та вибір позицій у заданій околиці. Наведено загальну структуру оптимізаційного процесу. Також наведені графічні результати, які доводять можливість методу бджолиної колонії оптимізувати результати, тобто зі всієї множини джерел інформації, метод бджолиної колонії шляхом оптимізації може значно обмежувати кількість джерел інформації, виявляти вузьке коло джерел у яких може бути неправдива інформація. Що у подальшому дозволить з більшою достовірністю розпізнавати саме джерела з неправдивою інформацією та заблокувати їх.

Ключові слова: моделювання; пошук; бджолина колонія; агент; фуражир; оптимізація; неправдива інформація; збіжність; евристичний алгоритм.

Nakonechnyi V., Laptiev O., Pohasii S., Lazarenko S., Martyniuk H.

SELECTION OF SOURCES WITH FALSE INFORMATION USING THE BEE COLONY METHOD

The main purpose of evolutionary optimization is to find a combination of parameters (independent variables) that would help maximize or minimize the qualitative, quantitative, and probabilistic characteristics of the problem. Recently, integrated optimization methods have become very common, borrowing the basic principles of their work from wildlife. Researchers are experimenting with different types of representations, for example, evolutionary and genetic algorithms use selection methods and genetic operators. A large number of algorithms based on the swarm method are known. The artificial bee colony is an optimization method that mimics the behavior of bees, a specific application of cluster intelligence, the main feature of which is that it does not need to understand specific information about the problem, you just need to optimize the problem. Comparing inferiority with the help of the local optimization behavior of each person with an artificial bee finally leads to the appearance in the group of a global optimal value with a higher rate of convergence. The paper considers the method of solving the optimization problem based on modeling the behavior of the bee colony. Description of the model of the behavior of intelligence agents and forage agents, search mechanisms, and selection of positions in a given neighborhood. The general structure of the optimization process is given. Graphical results are also presented, which prove the possibility of the bee colony method to optimize the results, from all multiple sources of information, the bee colony method by optimization can significantly limit the number of information sources, identify a narrow range of sources that may be false information. Which in the future will allow you to more accurately identify sources with false information and block them.

Keywords: modeling; search; bee colony; agent; forager; optimization; fake information; convergence; heuristic algorithm.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2021 р.
Прийнято до друку 15.12.2021 р.