

УДК 658.262

В.В. Лотиш, Я.В. Лотиш

Луцький національний технічний університет

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ БДЖІЛ ДЛЯ ПОШУКУ ЕКСТРЕМУМА ФУНКЦІЇ

*Розроблено алгоритм пошуку екстремуму функцій з допомогою методу бджіл. Даний підхід відтворює діяльність бджіл, що шукають максимальну кількість нектару на певній площі. Приведена програмна реалізація алгоритму на мові програмування C++.*

*Ключові слова: алгоритм бджіл, програмування, C++.*

Пошук глобального мінімуму та максимуму заданих функцій є актуальною проблемою в математиці. Для вирішення такої задачі розроблено ряд стандартних алгоритмів, але окрім стандартних підходів на сьогоднішній день розвиваються і альтернативні, а саме селективні методи пошуку та методи, які у своїй роботі відтворюють діяльність біологічних організмів. До перших відноситься генний алгоритм та його модифікації, другі представлені алгоритмами поведінки бджіл та мурах.

Генний алгоритм є родоначальником алгоритмів селективного пошуку, саме на його основі були розроблені алгоритми поведінки бджіл та мурах. Схожістю даних алгоритмів є те, що вони використовують методи відбору та сортування даних.

Даний алгоритм застосовують для рішення задач оптимізації. Він використовує функції відбору, комбінування і варіації шуканих результатів базуючись на механізмах, що нагадують біологічну еволюцію.

Мурашиний алгоритм ґрунтується на самоорганізації всієї колонії, що дозволяє знайти найкраще вирішення задачі для всієї групи. Основною особливістю алгоритму є обмін локальною інформацією (кількістю феромонів) між окремими мурахами, що дозволить в результаті визначити найкоротший шлях проходження певної дистанції.

По такому ж принципу побудований і бджолиний алгоритм.

Бджолиний алгоритм є досить молодим алгоритмом для знаходження глобальних екстремумів функцій. Він відтворює діяльність бджіл, що шукають максимальну кількість нектару на певній площині.

Бжоліний алгоритм проявляє себе найкраще в знаходженні мінімумів та максимумів простих функцій. При розв'язку складних багатовимірних функцій бжоліний алгоритм може зайти в локальний мінімум, що призведе до невірної знаходження глобального екстремума. В таких випадках найкраще застосовувати генний алгоритм. Також бжоліний алгоритм значно швидший за генний, що надає йому окремі переваги.

Розглянемо детальніше принципи роботи алгоритму поведінки бджіл.

Спочатку з вулика вилітає деяка задана кількість бджіл-розвідників, які у випадковому порядку шукають місця з найбільшою концентрацією нектару. Кожна бджола пам'ятає місце, де вона знайшла найбільшу кількість нектару, а також знає місця з найбільшим розміщенням нектару, знайденого іншими бджолами.

Повернувшись у вулик, вони діляться інформацією, аналізуючи при цьому, хто знайшов найбільше нектару і виділяючи для майбутніх бджіл-робітників найвигідніші точки для збирання. В ці місця вилітає вже інша кількість бджіл-робітників. В місця з більшою кількістю нектару вилітає більша кількість бджіл-робітників, а у місця, де нектару є менше, відправляється менше бджіл-робітників. Поділившись інформацією, бжолі-розвідники знову вилітають на пошуки нових територій. Бжолі-робітники, збираючи нектар у відібраних місцях, поступово досліджують вибрану територію, знаходять на ній нові найкращі місця. Вони можуть також закінчити збір нектару, коли його кількість, знайдена в інших місцях, буде значно перевищувати ту, яка є на даній території. Бжолі весь час обмінюються інформацією про кількість нектару і в процесі пошуків дізнаються, коли саме потрібно закінчувати пошуки і переходити до нового місця, чи продовжувати шукати більшу концентрацію нектару на попередній території.

Не маючи змоги знайти місця з найбільшою кількістю нектару, бжолі неперервно кружляють в районі найбільшої його концентрації.

З математичної точки зору, бджоли розвідники знаходять координати-кандидати, обмінюються ними, передають їх у вулик, де вирішується, скільки бджіл робітників полетить в найкращі координати, а скільки в інші.

Бджоли робітники прилітають на вказане місце і проводять дослідження на деякій площині, яку отримали за допомогою розширення координат на декілька пунктів. В подальшому вони випадково вибирають майбутні точки в межах цієї площини. Бджоли робітники перевіряють площу біля отриманих координат і відправляють дані в вулик.

У той же час бджоли розвідники також шукають нові координати, але, на відміну від бджіл робітників, випадковим чином. Бджоли робітники, шукаючи нектар в деякому місці, можуть бути відкликані, якщо координати, в яких проводяться пошуки, виявляться помилковими (мала кількість нектару), тоді ці бджоли будуть направлені в координати з більшою концентрацією нектару.

Таким чином, велика кількість початкових площ буде відкинута. Залишаться лише декілька площ, концентрація нектару на яких є максимальною. В них буде перебувати основна кількість бджіл робітників, поки не буде знайдено глобальний екстремум заданої функції.

Алгоритм оперує поняттям персональні найкращі позиції (ПНП) та глобальні найкращі позиції (ГНП). Бджоли робітники весь час звіряють свій ПНП з поточним ГНП (ГНП змінюється в залежності від перебігу алгоритму), але це правило не відноситься до бджіл розвідників – вони порівнюють свої ПНП лише між собою, не прив'язуючись до загального ГНП. Якщо деяка ПНП стає більшою ніж ГНП, то бджоли переміщуються на територію з координатами ГНП (а ГНП замінюється даними ПНП). Якщо рівень ПНП занадто малий і не відповідає поточному рівню ГНП, то слід направити цю бджолу в площину з координатами ГНП або ж відправити її у вулик готуючи до подальшого використання. Такий алгоритм роботи триває, доки результати співпадання не задовільняють задану точність (Рис.1.).

Програмна реалізація здійснена на мові програмування C++. Алгоритм реалізований за допомогою функціонального підходу. Основна функція `bdgolu()`. Окрім цього використані стандартні функції `sort()` та `rand()`.

В даній програмі використовуються масиви  $X$  та  $X$  для зберігання координат та відповідно значень функції, знайдених в ході дослідження бджіл розвідників. Масив  $XIX$  використовується для збереження найкращих значень функції, які знайшли бджоли розвідники. Залежно від значень збережених в масиві  $XIX$  були отримані значення в масивах  $Y1, Y2, Y3, Y4, Y5$ . Серед яких  $Y1, Y2, Y3$  – це масиви даних отриманих від бджіл робітників, які були направлені в три найкращі точки, які попередньо були знайдені бджолами розвідниками, а  $Y4, Y5$  – це масиви даних від бджіл робітників, які збирали в інших, менших за кількістю нектара місцях. В подальшому використовується масив  $VIP$  в якому зберігаються результати про найбільшу концентрацію нектару з усіх знайдених місць і відповідно з цього масиву були знайдені значення змінних, які визначають координати глобального екстремуму і саме шукане значення.

Таким чином, отриманий додаток дозволяє шукати екстремуми функцій базуючись на аналогії поведінки біологічних організмів (бджіл).

1. Weise T. Global Optimization Algorithms – Theory and Application: Ph.D. thesis / University of Kassel.- 2008.
2. Beni G., Wang J. Swarm Intelligence // Annual Meeting of the Robotics Society: Proceedings of Seventh International Conference.– Tokyo: RSJ Press, 1989.– pp. 425–428.
3. Гилл Ф. Практическая оптимизация. Пер. сангл. / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – М.: Мир, 1985. - 510 с.

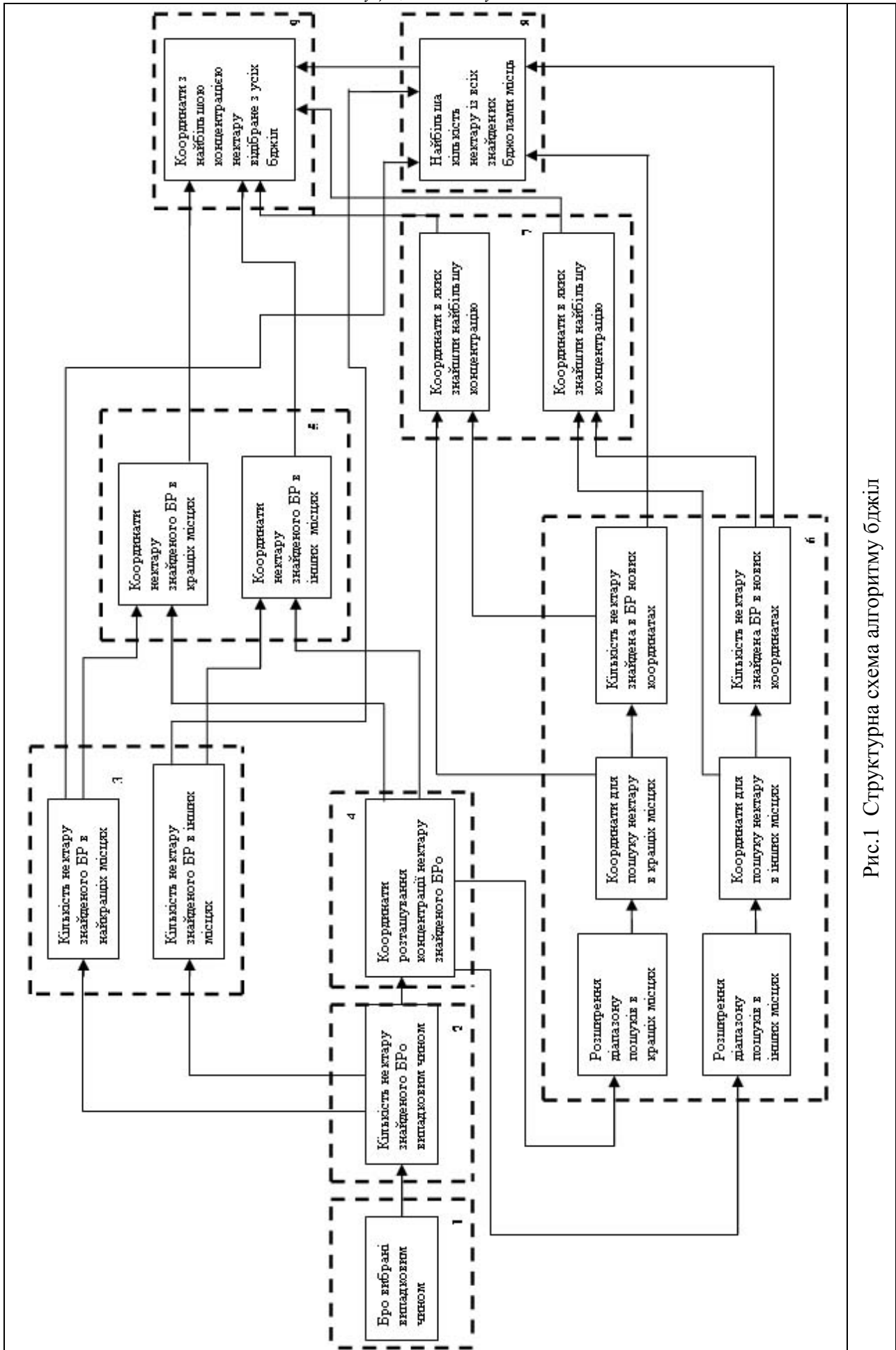


Рис.1 Структурна схема алгоритму бюджету

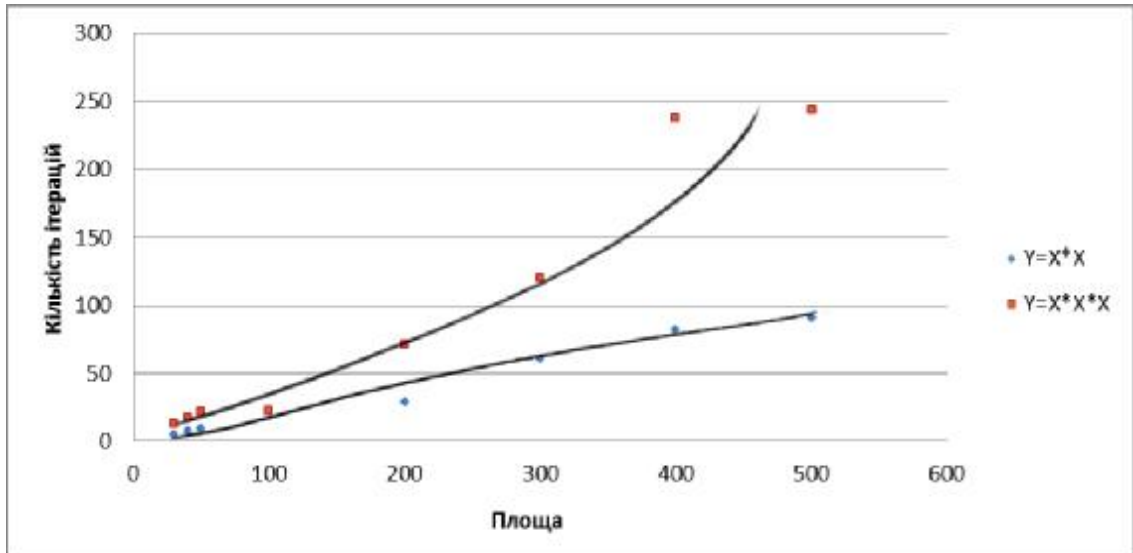


Рис 2. Залежність кількості ітерацій від площі пошуку.

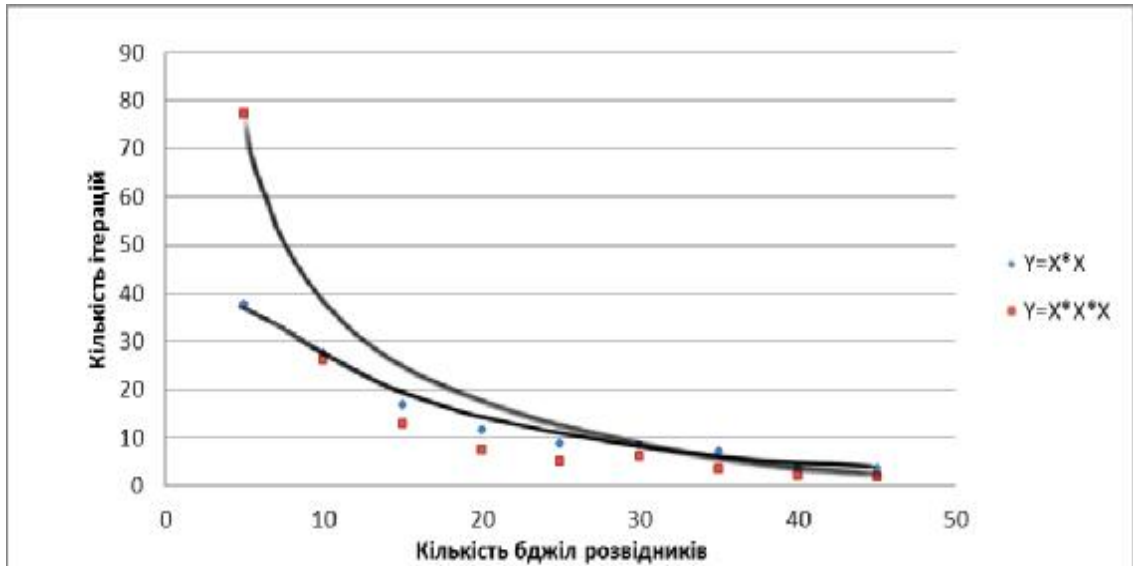


Рис 3. Залежність кількості ітерацій від кількості бджіл розвідників

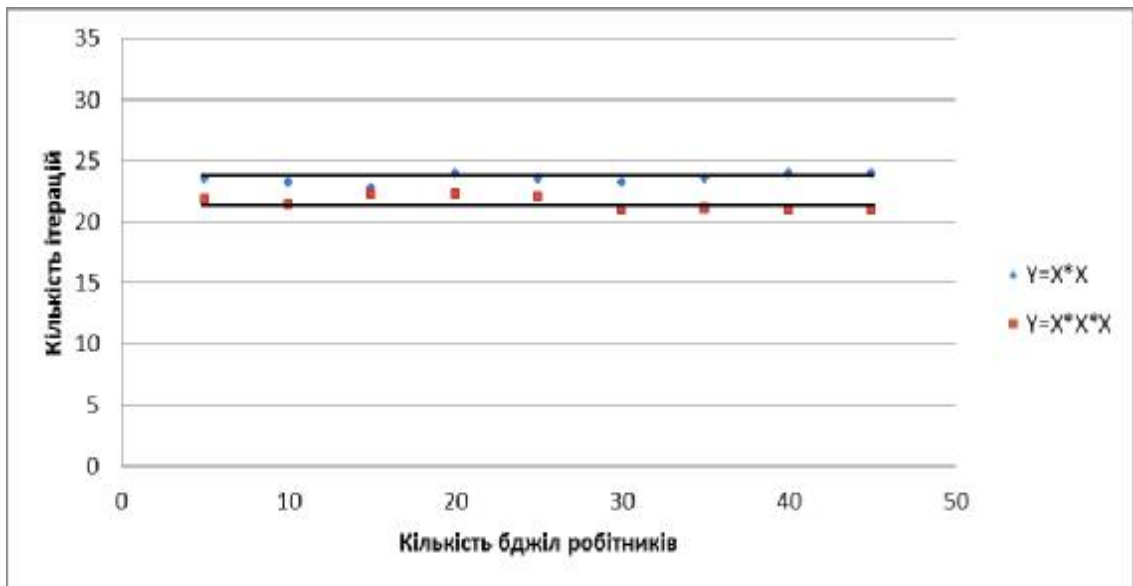


Рис 4. Залежність кількості ітерацій від кількості бджіл робітників