

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ БДЖОЛИНИХ КОЛОНІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНІВ БАГАТОФАКТОРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

М.Д. Кошовий, Д.В. Кураксін

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна

Анотація

Статтю присвячено вивченню ефективності методу бджолиних сімей у контексті оптимізації планів багатофакторних дослідів. Наведені приклади ефективності методу бджолиної колонії при оптимізації багатофакторних експериментів в порівнянні з іншими методами оптимізації. У цій статті наголошено на використанні методу бджолиних колоній як ефективного засобу оптимізації планів багатофакторних експериментів.

У статті детально розглядається алгоритм бджолиних колоній, його схема та реалізація у вигляді програми на мові програмування C#. Автори приводять специфічні приклади застосування алгоритму у різних сферах, таких як, вихрострумний перетворювач, дослідження процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван та аналіз ділянки верстатобудівного цеху з числовим програмним керуванням.

Стаття розглядає продуктивність методу бджолиних колоній при багатьох факторах експерименту, зокрема при збільшенні їх кількості. Автори роблять огляд точності результатів та підкреслюють значення уважного вибору параметрів та необхідності високої потужності комп'ютера для досягнення оптимальних результатів у наукових дослідженнях. Ця стаття буде корисним інструментом для вчених і практиків, що шукають спосіб покращити результати багатофакторних експериментів у різних галузях науки і промисловості.

Ключові слова: метод бджолиних колоній, дослідження, експеримент, програмування, параметри, оптимізація, вартість.

1. Вступ

Із зростанням цін на ресурси та товари важливість оптимізації виробничих процесів стає все актуальнішою. Кожен бізнес прагне залишатися конкурентним, скоротити витрати і виробничу цінність, збільшити продуктивність і ефективність. Це означає оптимальне здійснення кожного кроку у виробництві, від постановки завдань до випуску готової продукції. Отже, важливість оптимізації часу та ресурсів належить до основних у дослідженні багатофакторних експериментів у сфері виробництва.

Це також призводить до потреби знаходження найбільш ефективного способу оптимізації планів багатофакторних експериментів [1-3]. Ми досліджуємо процес удосконалення планів багатофакторних експериментів з урахуванням витрат часу й коштів. Досліджується метод використання бджолиної колонії для оптимізації витрат часу та коштів у планах багатофакторних експериментів та відповідне програмне забезпечення для цього. Нашою основною метою є створення методу бджолиних колоній і відповідного програмного забезпечення, його впровадження для аналізу технологічних процесів та оцінка його результативності.

На даний момент існує велика різноманітність способів оптимізації планів багатофакторних експериментів. Для покращення цих планів можна використовувати алгоритми, згадані в дослідженнях [4-6]. Кожен з цих підходів має свої переваги й недоліки, а також власну специфіку використання. Більшість методів, які використовуються для пошуку наближення оптимальної матриці планування, зазнають проблеми з погіршенням точності рішення та збільшенням часу та обчислювальної потужності при збільшенні числа факторів.

Таким чином, потрібно створити метод, який дозволить працювати з більшою кількістю факторів, отримувати оптимальний план експерименту швидше та з меншими обчислювальними витратами. У цьому зв'язку розглядається можливість застосування методу бджолиної колонії.

2. Мета статті

У сучасному світі багатофакторні експерименти схильні до збільшення кількості факторів, отже необхідна автоматизація та оптимізація. Збільшення кількості факторів може призвести до збільшення ймовірності похибки, тому необхідно розробити алгоритм, який при великій кількості факторів зможе знайти рішення при найменшій ймовірності похибки. Отже, планується створити метод оптимізації бджолиних колоній для покращення планів багатофакторних експериментів.

3. Виклад основного матеріалу

Алгоритм методу бджолиної колонії використовується для розв'язання задач оптимізації та може бути реалізований наступними кроками.

Ініціалізація.

Крок 1.

Створення бджолиної колонії з кількістю бджіл та іншими параметрами (кількість ітерацій, кількість бджіл в кожній ітерації та кількість сусідів).

Крок 2.

Розміщення бджіл у сталих позиціях відповідно до задачі.

Цикл ітерацій. Для кожної ітерації (покоління) колонії виконуються наступні кроки.

Крок 3.

Переміщення бджіл. Усі бджоли обирають наступний крок на основі випадкової генерації. Після розрахунку знаходиться найкоротший та/або найдешевший перехід і запам'ятовується.

Крок 4.

Точка старту усіх бджіл переміщується на тільки що знайдений перехід та повторюється Крок 3.

Крок 5.

Завершення ітерації та оцінка розв'язку. Ітерація вважається завершеною в тому випадку, коли бджоли пройшли усі рядки матриці. По завершенню зберігається результат, який показує вартість або час виконання плану експерименту.

Цикл порівняння.

Крок 6. Вибір кращого розв'язку. Обрання найкращого розв'язку, знайденого протягом усіх ітерацій.

Крок 7. Завершення. Повернення знайденого оптимального шляху або розв'язку.

Розроблено програмне забезпечення, що реалізує метод синтезу оптимальних за вартісними (часовими) витратами планів багатofакторного експерименту методом бджолиної колонії. Мова програмування – C#.

Прорахунки виконувалися на комп'ютері з процесором Intel Core i3- 3110M з частотою 2.40 GHz.

Для розрахунку прикладів будуть використовуватись наступні параметри програми:

- кількість бджіл 230;
- кількість ітерацій 500;
- кількість сусідів 5.

Схему роботи алгоритму бджолиної колонії зображено на рис.1.

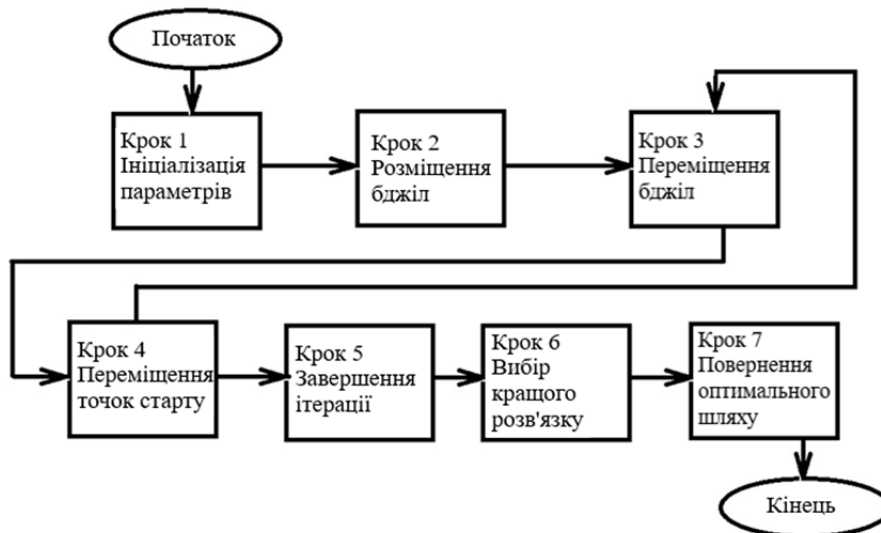


Рис. 1. Спрощена схема роботи алгоритму бджолиної колонії

Результати оптимізації. Для прикладу була проведена оптимізація планів багатofакторних експериментів для різних об'єктів.

Приклад 1. Вихрострумний перетворювач

Для вихрострумного перетворювача було оптимізовано початковий план багатofакторного експерименту, дані зведені у рис. 2.

Вирішення було знайдено за 50 секунд.

Приклад 2. Дослідження процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван

Оптимізацію початкового плану експерименту при дослідженні процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван мірними датчиками проведено за критерієм сумарної вартості проведення. Дані зведені у рис. 3.

На розрахунок знадобилося 126 секунд.

Приклад 3. Дослідження ділянки верстатобудівного цеху з числовим програмним управлінням.

В якості критерію оптимізації було обрано загальний час роботи верстатів з числовим програмним управлінням. Час реалізації плану наведено на рис. 4.

На вирішення задачі програмі знадобилося 149 секунд.

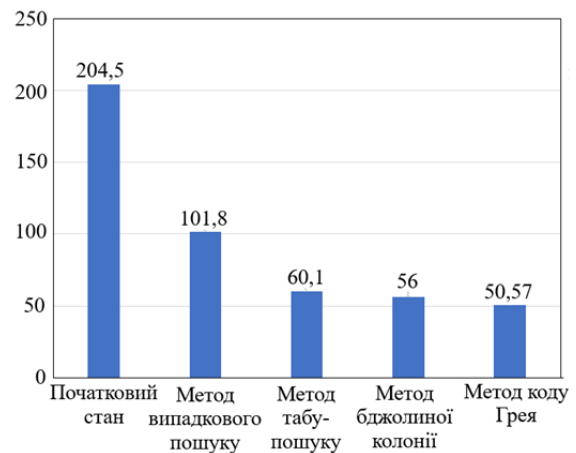


Рис. 2. Вартості (умов.од.) оптимізованих за різними методами планів багатofакторного експерименту для дослідження вихрострумного перетворювача

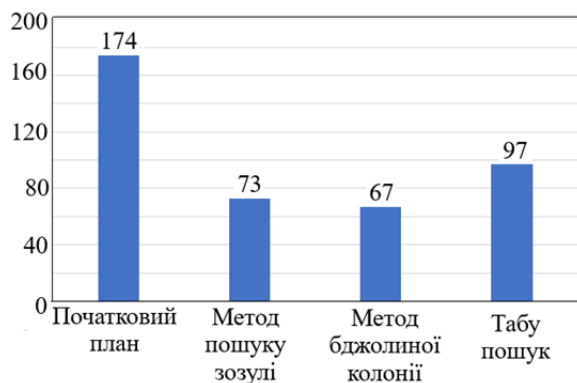


Рис. 3. Вартості (умов.од.) оптимізованих за різними методами планів багатофакторного експерименту для дослідження процесу вимірювання щільності струму гальванічних ван

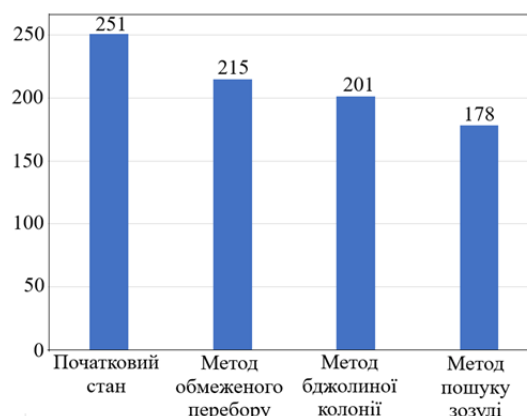


Рис. 4. Часи реалізації (годин) оптимізованих за різними методами планів експерименту для дослідженні ділянки верстатобудівного цеху з числовим програмним управлінням

4. Висновки

З результатів експериментів видно, що метод бджолоїної колонії доволі непогано знаходить оптимальне рішення, в середньому покращення становить 13-17% в кожному з наведених прикладів. Метод бджолоїної колонії витрачає доволі багато

часу на пошук рішення, що може свідчити про необхідність гарної потужності комп'ютера, на якому будуть проводитися розрахунки. Слід зазначити, що якщо підійти до вибору параметрів більш зважено (в залежності від потрібної точності розрахунків), можна скоротити час розрахунку.

Список літератури

1. Кошовий М.Д., Бурлесв О.Л., Пампуха А.І. Аналіз методів оптимального планування багатофакторного експерименту за вартісними та часовими показниками: Зб. наук. пр. військ. ін-ту Київського нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. 2022. №75. С. 94-107.
2. Koshevoy N.D., Kostenko E.M., Pavlyk A.V., Koshevaya I.I., Rozhnova T.G. Research of multiple plans in multi-factors experiments with a minimum number of transitions of levels of factors. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2019. no2, P.53-59. URL: doi.org/10.15588/1607-3274-2019-2-6.
3. Koshevoy N.D., Muratov V.V., Kirichenko A.L., Borisenko S.A. Application of the "jumping frogs" algorithm for research and optimization of the technological process. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2021. no1(1). P. 57 – 65. URL: doi.org/10.15588/1607-3274-2021-1-20.
4. A. Hatamlou, Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering. Information sciences. Khoy. 2013. P. 175–184.
5. M. Yazdani, F. Jolai. Lion optimization algorithm (loa): a nature-inspired metaheuristic algorithm. Journal of computational design and engineering. Tehran. 2016. P. 24–36.
6. Хижняк І. А. Метод ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження. Кібернетика та системний аналіз. 2018. №2(56). С.104–112.

Надійшла (Received) 15.10.2024

Прийнята до друку (accepted for publication) 18.11.2024

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ/ABOUT THE AUTHORS

Микола Кошовий – д.т.н., професор, професор кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: m.koshovyi@khai.edu, ORCID: 0000-0001-9465-4467.

Mykola Koshovyi – DSc, professor, professor of department intelligent measuring systems and quality engineering of National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute"; Kharkiv, Ukraine; e-mail: m.koshovyi@khai.edu, ORCID: 0000-0001-9465-4467.

Кураксін Денис – аспірант кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: kuraksin23@gmail.com, ORCID: 0009-0005-0756-0785.

Kuraksin Denys – graduate student of the Department of Intelligent Measuring Systems and Quality Engineering, National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine; e-mail: kuraksin23@gmail.com, ORCID: 0009-0005-0756-0785.

Study of the bee colony method in optimizing plans of multifactor experiments

M.D. Koshovyi, D.V. Kuraksin

Abstract

The article is devoted to the study of the effectiveness of the method of bee colonies in the context of optimization of plans of multivariate experiments. Examples of the effectiveness of the bee colony method in the optimization of multivariate experiments in comparison with other optimization methods are given. This article emphasizes the use of the bee colony method as an effective means of optimizing multivariate experimental designs.

The article discusses in detail the algorithm of bee colonies, its scheme and implementation in the form of a program in the C# programming language. The authors give specific examples of the application of the algorithm in various areas, such as the eddy current converter, the study of the process of measuring the current density of galvanic baths, and the analysis of a section of a machine shop with numerical software control.

The article examines the productivity of the method of bee colonies with many factors of the experiment, in particular with an increase in their number. The authors review the accuracy of the results and emphasize the importance of careful parameter selection and the need for high computer power to achieve optimal results in scientific research. This article will be a useful tool for scientists and practitioners looking for a way to improve the results of multivariate experiments in various fields of science and industry.

Keywords: method of bee colonies, research, experiment, programming, parameters, optimization, cost.