

УДК 519.6

Олег Александрович Білобородов

## АДАПТАЦІЯ МЕТОДУ РОЮ ЧАСТОК ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

### Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розвиток можливостей космічних засобів отримання даних дистанційного зондування призводить до відповідного поширення кола завдань, що виконуються з використанням матеріалів космічної зйомки. Задача оцінювання можливостей знімання декількох районів одним або декількома засобами за декілька сеансів еквівалентна задачі про покриття множинами з перетинами та є NP-повною. Результати оцінювання можливостей зумовлюють якість рішення щодо застосування знімальної апаратури та ефективність застосування систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) при виконанні цільових завдань. Для пошуку оптимального рішення запропоновано багато підходів [1], які переважно відносяться до дискретної області рішень. Для неперервної області рішень переважно використовують алгоритми, що засновані на евристичних, які забезпечують отримання придатного результату за поліноміальний час. Зростаючий склад засобів отримання інформації і вимоги до якості рішення зумовлюють актуальність розробки нових, більш ефективних методів. Одним з нових напрямків є застосування мультиагентних методів інтелектуальної оптимізації [2]. Оптимізація з використанням рою часток (Particle Swarm Optimization, PSO) використовує мультиагентну систему, в якій кожний агент (частка) функціонує автономно та здійснює пошук рішення на основі відомостей про власне краще положення та найкраще рішення всього рою [3]. Це дозволяє організувати багатомірний неперервний простір рішень при невідомому характері поведінки багатоекстремальної цільової функції. Недоліками методу є залежність його ефективності від параметрів: інерційних, когнітивних та соціальних властивостей [4]. Дослідження з адаптації методу рою часток полягають у визначенні для заданого класу цільових функцій таких параметрів, які забезпечують необхідну надійність при припустимих значеннях обчислювальної складності [5].

### Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Враховуючи неперервний, багатомірний, багатоекстремальний характер цільових функцій, що виникають при оцінюванні інформаційних можливостей космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) (рис. 1), метою статті є розробка способу визначення параметрів методу рою часток.

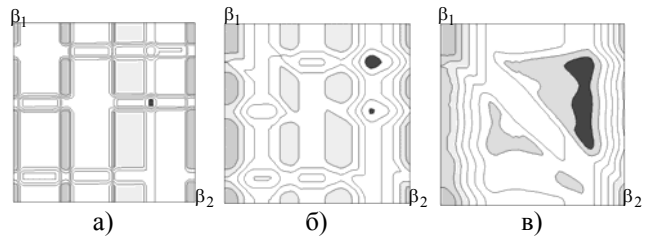


Рис. 1. Перехід від дискретних рішень до неперервних в залежності від кутів відхилення оптичної осі  $\beta$  для двох сеансів при різних співвідношеннях ширини смуги огляду  $L$  та розмаху районів знімання  $R$ : а)  $L/R > 1$ ; б)  $L/R \approx 1$ ; в)  $L/R < 1$

Стохастичний характер методу рою часток зумовив вибір методики досліджень (рис. 2), яка полягала в оцінці ефективності за усередненими багатократними прогонами за показниками надійності та швидкості (обчислювальної складності).

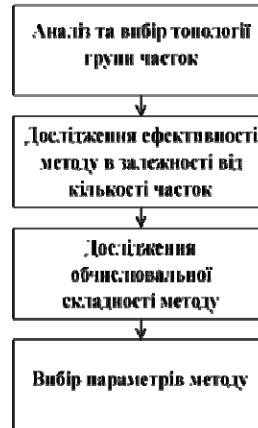
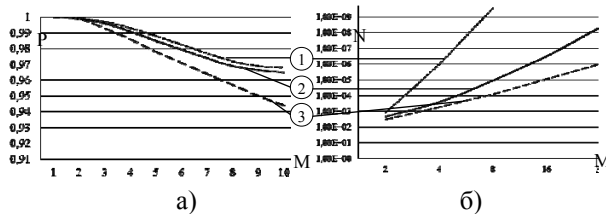


Рис. 2. Методика дослідження ефективності методу рою часток та вибору його параметрів

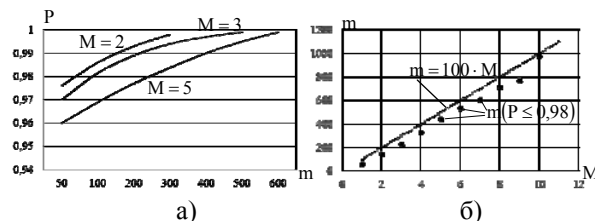
В усіх запусках кількість прогонів дорівнювала  $10^2$ , точність пошуку екстремуму дорівнювала  $10^{-2}$ .

Соціальні властивості методу визначаються топологією сусідства часток та коефіцієнтом методу перед нев'язкою з глобальним мінімумом. Результати дослідження топології наведені на рис. 3:



**Рис. 3. Оцінка надійності  $P$  (а) та обчислювальної складності  $N$  (б) методу рою часток в залежності від розмірності  $M$  цільової функції для різної топології сусідства часток: 1 – кільце; 2 – кластер; 3 – кліка**

Надійність методу також суттєво залежить від кількості часток, що обираються для дослідження області рішень. На рис. 4 наведені результати дослідження надійності в залежності від розміру популяції:



**Рис. 4. Оцінка надійності  $P$  (а) методу та кількості часток  $m$  (б) для забезпечення надійності  $P \geq 0,98$  в залежності від розмірності  $M$  цільової функції**

### Література

1. Пантелеєв А.В. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Учебное пособие / А.В. Пантелеєв, Т.А. Легова. – 2-е изд., исправл. – М.: Высшая школа, 2005. – 544 с.
2. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг. Ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
3. Kennedy, J.; Eberhart, R. (1995). "Particle Swarm Optimization". Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks IV, pp. 1942-1948.
4. Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б.

Аналіз результатів дослідження дає підстави запропонувати наступний підхід до визначення параметрів методу рою часток для його використання при рішенні задач оцінювання інформаційних можливостей космічних систем ДЗЗ: топологія сусідства часток – кластер; обсяг популяції  $m^* = 100 \cdot M$ ; коефіцієнт, що визначає інерційні властивості  $\alpha = 0,71$ ; коефіцієнти, що визначають когнітивні та інерційні властивості  $\varphi_1 = \varphi_2 = 1,52$ . Отримані результати свідчать про придатність обраного методу для вирішення визначених задач із необхідним ступенем надійності, а також про достатньо високу точність визначення аргументу глобального максимуму багатомірних функцій в неперервній області рішень.

### Висновки

На основі результатів модельного експерименту запропонований підхід до адаптації методу рою часток для рішення оптимізаційної задачі, що виникає при оцінюванні інформаційних можливостей космічних систем дистанційного зондування Землі. Результати досліджень дозволяють обирати топологію та параметри методу з урахуванням розмірності задачі та вимог до точності і надійності методу. При збільшенні інтервалу оцінювання та відповідному зростанні розмірності і обчислювальної складності, напрямком подальшого удосконалення методу можна визначити застосування ко-алгоритмічної гібридизації [6] на основі аналізу результатів функціонування декількох субпопуляцій та відповідного перерозподілу обчислювального ресурсу.

- Поисковая адаптация: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 – 272с.
5. Граничин О.Н. Введение в методы стохастической оптимизации и оценивания: Учеб.пособие. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2003. – 131с. ISBN 5-288-03201-7
  6. Воробьева Е.Ю. Ко-гибридизация алгоритма роя частиц / Е.Ю. Воробьева, А.П. Карпенко, Е.Ю. Селиверстов / Наука и образование: электронное научно-техническое издание. Реж. дост.: <http://technomag.edu.ru/>

Статья посвящена адаптации метода роя частиц для решения оптимизационной задачи, которая возникает при оценивании информационных возможностей космических систем дистанционного зондирования Земли. Предложено использовать результаты модельного эксперимента для определения топологии и параметров метода. Разработанный подход позволяет найти компромисс между вычислительной сложностью и надежностью метода.

*Ключевые слова:* оценивание информационных возможностей, метод роя частиц, надежность метода оптимизации.

The article is devoted to the adaptation of the method of particle swarm optimization to solve the problem that arises when evaluating information capabilities of space remote sensing system. Proposed to use the results of model tests to determine the topology and parameters of the method. The developed approach allows us to find a compromise between the computational complexity and reliability of the method.

*Key words:* evaluation of information capabilities, the method of particle swarm, reliability optimization method.