

ЕФЕКТИВНЕ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ

Косолап А.І.

Український державний хіміко-технологічний університет, Україна

Вступ. Задачі оптимізації виникають практично в кожній галузі людської діяльності. При проектуванні складних систем виникає безліч альтернативних рішень і вибір найкращих оптимальних рішень дозволяє значно скоротити використання обмежених ресурсів, матеріальних, грошових, людських та часто максимально зекономити час. Такі задачі виникають в економіці, фінансах, технологічних процесах, управлінні, проектуванні, інформатиці, штучному інтелекті та в багатьох других галузях. В останні 30 років для розробки методів розв'язування мультимодальних задач були прикладені значні зусилля. Останній огляд результатів досліджень в галузі глобальної оптимізації можна знайти в роботі [1]. Для перевірки ефективності нових методів створені бібліотеки тестових та прикладних мультимодальних задач.

В наш час, для розв'язування оптимізаційних задач розроблено безліч методів та комп'ютерних програм. Ці комп'ютерні програми можна розділити на три групи. В першу групу входять надбудови для Excel. Зокрема це: Solver, OpenSolver, SolveStudio, RiskSolver, Lingo та інші. Для цих програм практично відсутня проблема вводу початкових даних. Пакет Excel дозволяє легко вводити початкові дані, копіювати їх, легко вводити формули та теж копіювати їх. Дані та формули можна вносити також використовуючи вбудовану мову VBA для Excel. Враховуючи те, що багато тестових прикладних задач з існуючих відомих бібліотек GlobalLib, MinlpLib та PrincetonLib містять задачі великої розмірності, то проблема введення формул для цих оптимізаційних задач є досить актуальною. Наприклад, деякі задачі мають цільову функцію, що займає до 200 сторінок формул. Введення цих формул, для існуючих програм є проблемою. Автор розробив програму на VBA для Excel, яка дозволяє ввести формули для таких великих задач протягом 15 хвилин часу в інтерактивному режимі. Перелічені бібліотеки тестових задач легко знайти в мережі Internet за адресами <http://minlplib.org/dates.html> та <http://www.gamsworld.org/performance/princetonlib/princetonlib.htm>.

Наступною групою комп'ютерних програм є математичні пакети MatLab, Maple, Mathematica та інші, що містять засоби для розв'язування оптимізаційних задач. До цієї групи ми відносимо також мови програмування

Python, Julia та інші, що також мають вбудовані засоби для розв'язування оптимізаційних задач. Для цієї групи комп'ютерних програм необхідно писати допоміжні програми введення початкових даних та формул. Для оптимізаційних задач великої розмірності це є проблемою для їх користувачів.

В третю групу комп'ютерних програм входять окремі програми для локальної та глобальної оптимізації. Для глобальної оптимізації найбільш відомі програмні пакети: ANTIGONE, BARON, COUENNE, CPLEX, GUROBI, LINDO, SCIP. За винятком COUENNE та SCIP – це комерційні програми. Для цих програм вхідні дані необхідно представити в спеціальному вигляді, для чого використовуються відповідні мови програмування. Найбільш поширені формати вхідних файлів для цих програм це GAMS та AMPL. Методи, які реалізовані в цих програмах, поділяються на детерміновані та стохастичні. Детерміновані використовують такі технології як методи розгалужень та границь, мультистарт та опуклу релаксацію. При достатній кількості ітерацій методи розгалужень та границь можуть знайти оптимальний розв'язок мультимодальної задачі, але тільки для задач малої розмірності. Ефективними є методи, що використовують опуклу релаксацію, але вони часто дозволяють отримати тільки наближені розв'язки. Стохастичні методи такі, як генетичні та еволюційні потребують досить багато часу, містять безліч параметрів налаштування і інколи дозволяють отримати оптимальні розв'язки, але в більшості випадків отримані розв'язки далекі від оптимальних. Запропонований автором метод точної квадратичної регуляризації (EQR) належить до детермінованих [2]. Для його реалізації використовується тільки програма локальної оптимізації, тому цей метод дозволяє розв'язувати задачі великої розмірності. Це підтверджують значні обчислювальні експерименти, що буде показано далі..

Результати досліджень. Для проведення обчислювальних експериментів автор використовував програму OpenSolver для Excel. Ця програма дозволяє розв'язувати задачі оптимізації великої розмірності (стільки дозволяє пам'ять комп'ютера). Автор розв'язував задачі з бібліотеки PrincetonLib з числом змінних до 2005 та максимум до 3000 обмежень. Програма OpenSolver знаходить локальні екстремуми, але дозволяє розв'язувати задачі з булевими та цілими змінними. Для задач з дискретними змінними при зростанні розмірності задачі розв'язки будуть знайдені не найкращі. Але ця програма локальної оптимізації вбудована в метод EQR, який дозволяє знаходити найкращі розв'язки в мультимодальних оптимізаційних задачах.

Умови тестових моделей із перелічених бібліотек приводяться у вигляді

тестових файлів, які потрібно ввести на лист Excel, тобто необхідно ввести формули цільових функцій та обмежень задачі. Це робиться за допомогою розробленої автором програми на VBA за лічені хвилини, що виключає таким чином помилки при введенні великої кількості формул. Методом EQR були розв'язані майже всі задачі з приведених бібліотек, за винятком задач малої розмірності (кількість змінних менше десяти) та унімодальних задач. Ці результати показують, що метод EQR дає кращі розв'язки. Це при тому, що вказані задачі розв'язуються різними методами та програмами уже більше 20 років. Якщо враховувати всі проведені обчислювальні експерименти, то метод EQR дозволив отримати кращі розв'язки для PrincetonLib в більше як 30% задач, для GlobalLib більше 15% задач і для MinlpLib 60% задач.

Висновки. В даній роботі пропонується розширити клас тестових мультимодальних функцій безумовної оптимізації за рахунок існуючих двовимірних функцій [3], узагальнивши їх на задачі довільної розмірності. Нові та існуючі методи перевіряти на мультимодальних задачах з невідомими оптимальними розв'язками. Тоді кращим методом буде той, що знайде кращі розв'язки в більшості таких задач. На сьогодні таким методом є метод EQR. Про це свідчать проведені значні обчислювальні експерименти практично з усіма задачами приведених відомих бібліотек тестових та прикладних моделей.

Література

1. Locatelli, M., Schoen, F. (Global) Optimization: Historical notes and recent Developments // EURO Journal on Computational Optimization, Vol. 9, 2021.– pp. 1–15.
2. Kosolap A. Practical Global Optimization. – Dnipro.: Publisher Bila K.O., 2020. – 192 p.
3. Jamil, M, Yang, XS. A literature survey of benchmark functions for global optimization problems // Int. J. Math. Model Numer. Optim. Vol. 4, No. 2, 2013, pp. 150–94.

EFFECTIVE SOLVING OF MULTIMODAL OPTIMIZATION PROBLEMS

Kosolap Andrii

Abstract. In this work, we consider multimodal optimization problems. Such problems contain many local extrema. We can say that most practical problems are multimodal. In particular, discrete optimization problems with Boolean and integer variables can easily be transformed into multimodal problems with continuous variables. Multimodal optimization problems can be of small or large dimensions in which the number of variables to be determined is hundreds or thousands of variables. Libraries of test and applied problems have been created to test the effectiveness of new global optimization methods. The author suggests separating

problems with unknown optimal solutions in these tests. Then the best method for solving multimodal optimization problems will be the one that will allow obtaining better solutions in most such problems. Currently, this criterion is satisfied only by the exact quadratic regularization method developed by the author. This is confirmed by significant computational experiments on existing tests and applied multimodal optimization problems.

Keywords: multimodal optimization problems, test problems, optimization methods, computational experiments.

Reference

1. Locatelli, M., Schoen, F. (Global) Optimization: Historical notes and recent Developments // EURO Journal on Computational Optimization. 2021, vol. 9, pp. 1–15.
2. Kosolap A. Practical Global Optimization. Dnipro: Publisher Bila K.O., 2020. 192 p.
3. Jamil, M, Yang, XS. A literature survey of benchmark functions for global optimization problems. Int. J. Math. Model Numer. Optim. 2013, vol. 4, no. 2, pp. 150–94.