

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС, ЩО РЕАЛІЗУЄ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ІГРОВОГО ТИПУ

У статті описується програмна реалізація алгоритмів відомих методів розв'язування задач комбінаторної оптимізації ігрового типу, зокрема ітераційного методу типу Брауна-Робінсон та монотонного ітераційного методу розв'язування задач комбінаторної оптимізації з обмеженнями-перестановками та розміщеннями. Наводиться детальний опис архітектури створеного програмного комплексу. Програмна реалізація має уніфікований користувальницький інтерфейс, надає можливість знаходження розв'язку задач в автоматичному режимі шляхом проведення числових експериментів.

Ключові слова: програмна реалізація, задачі комбінаторної оптимізації ігрового типу, ітераційний метод типу Брауна-Робінсон, монотонний ітераційний метод.

Постановка проблеми

Основною ознакою розвитку евклідової комбінаторної оптимізації є розробка та широке використання нових підходів до розв'язування комбінаторних оптимізаційних задач. Це пов'язано з вивченням нових класів задач, зацікавленістю даною проблематикою науковцями. Особливо цікавими є оптимізаційні задачі, які виникають в теорії ігор, де допустимими стратегіями є різні комбінаторні конфігурації. Найбільш широке практичне застосування мають математичні моделі задач комбінаторної оптимізації ігрового типу (ЗКОІТ) та методи їх розв'язування, що запропоновані в [1-13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для підтвердження практичної ефективності відомих методів [1, 4, 5, 7, 8, 10, 13] розроблено програмний комплекс. На етапі підготовки до розробки проведено аналіз засобів програмування та обрано саме те середовище (та мову програмування), які дозволять створити ефективну реалізацію запропонованих методів та їх алгоритмів. Для розробки програмної реалізації було обрано середовище програмування *Embarcadero Delphi* [14-16] та мову програмування високого рівня *Object Pascal*. Вибір даної мови програмування обумовлений високою швидкодією генерованого програмного коду, ефективністю, а також можливістю використання всіх сучасних програмних технологій.

Виклад основного матеріалу

Створений програмний комплекс має уніфікований користувальницький інтерфейс, в рамках якого реалізована можливість розв'язування задач комбінаторної оптимізації ігрового типу з комбінаторними обмеженнями, які накладаються на стратегії одного або двох гравців, у вигляді множин перестановок або розміщень, зокрема у яких:

- обмеження накладаються на стратегії одного гравця та представлені у вигляді множини перестановок;
- обмеження у вигляді множини розміщень накладаються на стратегії одного гравця;
- обмеження-перестановки накладаються на стратегії обох гравців.

З метою можливості розв'язування цих та інших задач було програмно реалізовано алгоритми методів:

– ітераційний метод типу Брауна-Робінсон розв’язування задач, у яких представлені перестановками обмеження накладаються на стратегії одного або двох гравців, або представлені розміщеннями, та накладаються на стратегії одного гравця;

– монотонний ітераційний метод розв’язування задач комбінаторної оптимізації з обмеженнями-перестановками, які накладаються на стратегії одного гравця.

У програмній реалізації, з метою проведення числових експериментів для дослідження практичної ефективності алгоритмів методів розв’язування різних класів задач, створений механізм розв’язування задач у вигляді серій (пакетний розрахунок). У такому режимі роботи комплексу можливо розв’язувати задану кількість задач з визначеними параметрами генерування початкових даних.

Усі функціональні можливості програми реалізовані у вигляді єдиного програмного проекту, у якому відокремлено окремі функціональні модулі. Кожен з модулів функціонально незалежний, але має уніфікований програмний інтерфейс, що надає можливість розширення або модифікації функціоналу програмної реалізації. Деякі модулі, зокрема, реалізація симплекс-методу, здійснені в рамках динамічних бібліотек.

Особливістю програмної реалізації є те, що вона має можливість функціонувати як в 32-бітному, так і в 64-бітному програмному середовищі (шляхом встановлення параметрів компілятора). Використання 64-бітного режиму забезпечує можливість використання масивів даних обсягом, більшим за 2 ГБ (в обчислювальних системах з обсягом пам’яті більшим 4 ГБ).

Опишемо особливості розробленої програмної реалізації, її архітектуру та функціональні можливості.

Для роботи з програмним комплексом у модулі *MainUnit* реалізовано візуальний графічний інтерфейс (рис. 1).

Цей модуль містить всі необхідні елементи взаємодії з користувачем та виконує роль об’єднання в собі інших функціональних модулів, призначених для одержання розв’язків задач. Окрім цього, у модулі містяться механізми роботи з вхідними та вихідними даними задач:

– введення вхідних даних задач користувачем з клавіатури та з файлу, виведення результатів обчислень на екран; збереження результатів числових експериментів у текстовий файл, що спрощує їх аналіз;

– генерація вхідних даних задач з можливістю проведення числових експериментів.

Результати проведених обчислень виводяться на екран. Для можливості проведення детального аналізу результатів, повний хід процесу розв’язування задач зберігається у текстовий файл.

У окремих модулях реалізовано блоки груп методів: класичні методи розв’язування ігрових задач, ітераційні методи типу Брауна-Робінсон, монотонний ітераційний метод. Розглянемо ці модулі більш детально.

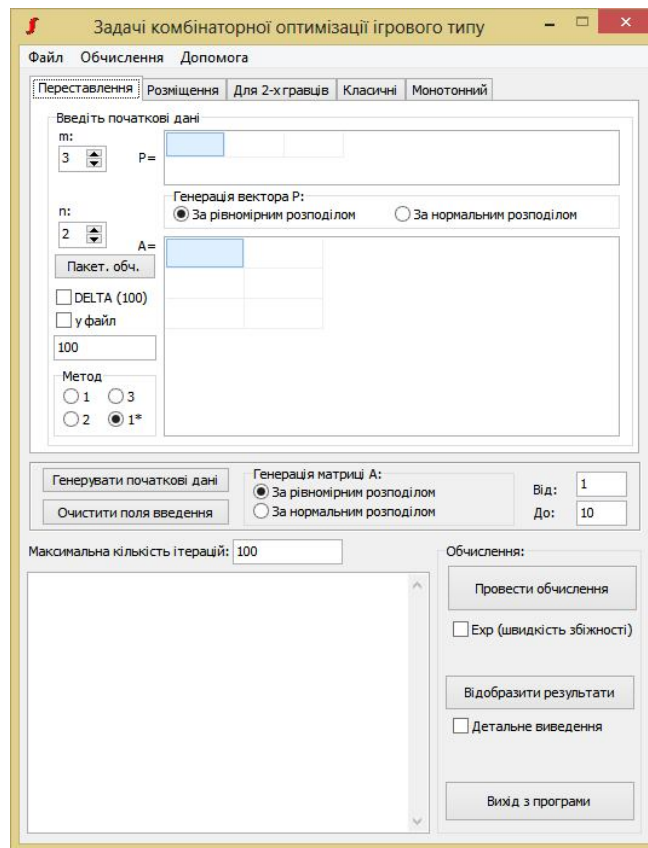


Рис. 1. Графічний інтерфейс програмного комплексу

Модуль роботи з класичними методами використовується для розв'язування матричних ігор, а також є основою для модифікацій методів з метою реалізації можливості розв'язування задач комбінаторної оптимізації ігрового типу. У даному модулі запрограмовано метод Брауна-Робінсон та метод фон Неймана. Кожен з цих методів є окремою функцією, що приймає початкові дані задач та повертає результат у блок взаємодії з користувачем. Також для кожного методу можлива генерація даних випадковим чином з метою проведення числових експериментів.

Для перевірки правильності отриманих розв'язків задач (як класичних матричних ігор, так і ЗКОІТ) здійснена програмна реалізація двоїстого симплекс-методу у вигляді функції *dsm*, з використанням якої є можливість знаходження розв'язку задач лінійного програмування довільної вимірності (обмеження накладаються тільки можливостями комп'ютерної обчислювальної системи). При цьому необхідно, щоб задача містила початковий базис. У якості результату повертається вектор, в якому нульовим елементом є отримане значення цільової функції, елементи з першого по n -й – значення змінних задач. Дана функція реалізована у вигляді динамічної бібліотеки, що надало більш гнучкі можливості з її використання. З метою перевірки точності розв'язків ЗКОІТ, отриманих з використанням інших методів, реалізовано функцію *SMforGames*, у якій відбувається приведення ігрової задачі до задачі лінійного програмування та її подальше розв'язування двоїстим симплекс-методом.

Модуль реалізації ітераційних методів типу Брауна-Робінсон містить функції знаходження розв'язку задач комбінаторної оптимізації ігрового типу, в яких комбінаторні обмеження представлені у вигляді перестановок з обмеженнями на стратегії одного та обох гравців, а також у вигляді розміщень з обмеженнями на стратегії одного гравця. Усі функції мають спільний інтерфейс роботи з ними і в якості вхідних даних приймають елементи платіжної матриці ігрової задачі та елементи вектору (або векторів у разі задач, в яких обмеження накладаються на стратегії обох гравців) перестановок або розміщень. У

відповідності до алгоритму ітераційного методу типу Брауна-Робінсон реалізовано дві функції обчислення частин таблиці для першого та другого гравців:

- функція *Eval_B_Part*, у якій визначаються стратегії другого гравця; в ролі вхідного параметру функції приймається метод, з використанням якого проводяться обчислення, дані задачі при цьому зберігаються у відповідних глобальних змінних;
- у функції *Eval_A_Part* реалізовано процес обчислень стратегій першого гравця, аналогічно до попередньої функції.

Ряд функцій було розроблено та використано в якості допоміжних на різних етапах роботи методів, зокрема:

- функція *FindStrat*, яка призначена для визначення частот застосування стратегій в процесі роботи ітераційних методів;
- у функціях *PrepareRozm* та *PreparePerest* проходять підготовчі дії з векторами розміщень та перестановок відповідно;
- реалізовано численні модифікації функцій сортування.

Функціонал роботи з монотонним ітераційним методом представлено у модулі *MonotoneUnit* з реалізацією двох функцій:

- функція *Monotone*, яка реалізує класичний монотонний ітераційний алгоритм для розв'язування матричних ігор;
- функція *MonotoneComb*, що призначена для знаходження розв'язку ЗКОІТ та множині перестановок.

Окремо реалізовано модуль *HRTimer* високоточного таймера, з використанням якого визначається час виконання обчислень (з точністю до однієї тисячної мілісекунди), у тому числі при проведенні числових експериментів.

Для можливості проведення числових експериментів реалізовано ряд функцій генерації початкових даних задач, зокрема:

- функція *NormGener* призначена для регенерації нормально розподілених випадкових чисел із заданим математичним сподіванням та дисперсією;
- процедура *GenerA* використовується для формування платіжної матриці ігрової задачі для всіх методів розв'язування задач; в залежності від режиму роботи можлива генерація значень матриці як за рівномірним так і за нормальним розподілом;
- процедура *GenerPx* дозволяє генерувати значення вектора перестановок (за двома розподілами) при цьому сума значень генерованого вектора буде дорівнювати одиниці;
- з використанням процедури *GenerPxR* можливо генерувати вектор розміщень з заданими параметрами.

Окрім цих функцій реалізовано модуль *Analyze* для безпосереднього проведення та аналізу числових експериментів, в якому зосереджено весь необхідний для цього функціонал. Зокрема, функція *TasksAnalyze*, яка об'єднує в собі функціонал проведення та накопичення результатів, а також аналізу ходу проведення числових експериментів. При цьому відображення результатів можливе як на екран (віконний інтерфейс програмної реалізації) так і у текстовий файл.

Висновки

Наведено детальний опис створеного для числових експериментів програмного комплексу з використанням середовища програмування *Delphi* мовою програмування *Object Pascal*.

Отримані з використанням програмної реалізації результати надають можливість стверджувати, що всі запропоновані методи дають розв'язки ЗКОІТ з високою точністю.

Література:

1. Емец О. А. Решение некоторых задач комбинаторной оптимизации на размещениях и перестановках игрового типа / О. А. Емец, Н. Ю. Устьян // Проблемы управления и информатики. – 2006. – № 3. – С. 37-47.
2. Емец О. А. Исследование задач комбинаторной оптимизации игрового типа на размещениях / О. А. Емец, Н. Ю. Устьян // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 1. – С. 26-36.
3. Емец О. А. Исследование математических моделей и методов решения задач на перестановках игрового типа / О. А. Емец, Н. Ю. Устьян // Кибернетика и сист. анализ. – 2007. – №6. – С. 103-114.
4. Ємець О. О. Розв'язування ігрових задач на перестановках / О. О. Ємець, Н. Ю. Устьян // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2007. – №3. – С. 47-52.
5. Ємець О. О. Один ітераційний метод розв'язування ігрових задач на перестановках / О. О. Ємець, Н. Ю. Устьян // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2008. – №3. – С.5-10.
6. Емец О. А. Игры с комбинаторными ограничениями / О. А. Емец, Н. Ю. Устьян // Кибернетика и сист. анализ. – 2008. – №4. – С.134-141.
7. Емец О. А. Итерационный метод решения комбинаторных оптимизационных задач игрового типа на размещениях / О. А.Емец, Е. В. Ольховская. // Проблемы управления и информатики. – 2011. – № 3. – С. 69-78.
8. Ємець О.О. Розв'язування комбінаторних задач ігрового типу з обмеженнями-перестановками у обох гравців: ітераційний метод / О.О. Ємець, О.В. Ольховська. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2012. – №4. – С. 80-93.
9. Емец О. А. Доказательство сходимости итерационного метода решения задачи комбинаторной оптимизации игрового типа на размещениях / О. А. Емец, Е. В. Ольховская. // Кибернетика и сист. анализ. – 2013. – № 1. – С. 102-114.
10. Ємець О.О., Розв'язування задач комбінаторної оптимізації ігрового типу на перестановках: монотонний ітераційний метод / О.О. Ємець, О. В. Ольховська. // Вісник Черкаського університету. – 2013. – № 18 (271) – С. 66-76.
11. Ольховська О. В. Про збіжність ітераційного методу розв'язування комбінаторних оптимізаційних задач ігрового типу на перестановках / О. В. Ольховська. // Вісник Запорізького нац. університету – 2013. – №1. – С. 70-76.
12. Ольховська О. В. Оцінка швидкості збіжності ітераційного методу розв'язування комбінаторних оптимізаційних задач ігрового типу / О. В. Ольховська // Таврійський вісник інформатики і математики. – 2014. – №1. – С. 31-42.
13. Ємець О. О. Монотонний ітераційний метод для розв'язування задач комбінаторної оптимізації ігрового типу на переставленнях / О. О. Ємець, О. В. Ольховська // Доповіді Національної академії наук України – 2014. – №8. – С. 48-52.
14. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Тим Джонс — М.: ДМК Пресс, 2006. — 312 с.
15. Гэри М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон — М.: Мир, 1982. — 416 с.
16. Dantzig G.B. Discrete-variable extremum problems / G.B. Dantzig // Oper. Res. 1957. - Vol. 5, № 2. - P. 266-277.
17. CurveExpert Software / Daniel G. Hyams. – 2011. – Режим доступа: <http://www.curveexpert.net/>. – Дата доступа: квітень 2014. – Назва з екрана.

Стаття надійшла 17.06.2015
Прийнято до друку 14.07.2015

Аннотация

А. А. Емец, Д. М. Ольховский, Е. В. Ольховская
Программный комплекс, который реализует методы решения задач комбинаторной оптимизации игрового типа

В статье описывается программная реализация алгоритмов методов решения задач комбинаторной оптимизации игрового типа, в частности итерационного метода типа Брауна-Робинсон решения задач и монотонного итерационного метода решения задач комбинаторной оптимизации с ограничениями-перестановками. Приводится детальное описание архитектуры созданного программного комплекса. Программная реализация имеет унифицированный

пользовательский интерфейс, позволяет решать задачи в автоматическом режиме путем проведения числовых экспериментов.

Ключевые слова: *программная реализация, задачи комбинаторной оптимизации игрового типа, итерационный метод типа Брауна-Робинсон, монотонный итерационный метод.*

O. O. Iemets, D. M. Olhovskiy, E. V. Olhovskaya
Software that implements methods for solving combinatorial game type optimization tasks

The article describes the software implementation of algorithms of the methods for solving combinatorial optimization of the game type tasks, in particular the iterative method of Brown-Robinson type for solving tasks and monotone iterative method for solving combinatorial optimization problems with constraints-permutations. A detailed description of the architecture of a program complex presented. Software implementation has a unified user interface that allows you to solve problems automatically through numerical experiments.

Keywords: *software implementation, problems of the game type combinatorial optimization, iterative method of Brown-Robinson, monotone iterative method.*