8. Grigorenko, A.Ya. and Parkhomenko, A.Yu. (2012), O vliyanii poperechnykh sdvigov na raschet sobstvennykh chastot kolebanii obolochek srednei tolshchiny, *Problemi obchislyuval'noï mekhaniki i mitsnosti konstruktsii*, issue 19, pp. 73-79.

УДК 519.83

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТОЧНИХ І НАБЛИЖЕНИХ МЕТОДІВ ВІДСІКАННЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЛІНІЙНИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ НА ПЕРЕСТАНОВКАХ

Ємець О. О., д. ф.-м. н., професор, Ольховський Д. М., к. ф.-м. н.

Полтавський університет економіки і торгівлі,
вул. Коваля, 3, Полтава, 36014, Україна

yemetsli@ukr.net, dmitriy@olhovsky.name

В публікації міститься опис програмної реалізації точних і наближених методів відсікання для розв'язування лінійних оптимізаційних задач на перестановках, яка була розроблена з метою проведення чисельних експериментів для виявлення ефективності роботи даних методів. Програмна реалізація розроблена мовою програмування *Object Pascal* середовища програмування *Delphi*.
Ключові слова: програмна реалізація, точні та наближені методи, лінійні оптимізаційні задачі на перестановках.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТОЧНЫХ И ПРИБЛИЖЕННЫХ МЕТОДОВ ОТСЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ НА ПЕРЕСТАНОВКАХ

Емец О. А., д. ф.-м. н., профессор, Ольховский Д. Н., к. ф.-м. н.

Полтавский университет экономики и торговли,
ул. Коваля, 3, Полтава, 36014, Украина

yemetsli@ukr.net, dmitriy@olhovsky.name

В публикации содержится описание программной реализации точных и приближенных методов отсечения для решения линейных оптимизационных задач на перестановках, которая была разработана с целью проведения многочисленных экспериментов для выявления эффективности работы данных методов. Программная реализация разработана на языке программирования Object Pascal среды программирования Delphi.
Ключевые слова: программная реализация, точные и приближенные методы, линейные оптимизационные задачи на перестановках.

SOFTWARE IMPLEMENTATION EXACT AND APPROXIMATE METHODS CLIPPING FOR SOLVING LINEAR OPTIMIZATION PROBLEMS ON PERMUTATIONS

Iemets O. O., D.Sc. in Physics and Maths, Professor, Olhovskiy D. M., Ph.D. in Physics and Maths

Poltava University of Economics and Trade,
Kovalya str., 3, Poltava, 36014, Ukraine

yemetsli@ukr.net, dmitriy@olhovsky.name

Topical issues is to develop and research new methods to general linear combinatorial optimization problem on permutations, is essential for the development of combinatorial optimization. This publication describes the software implementation exact and approximate methods clipping for solving linear optimization problems on permutations that was developed to conduct numerical experiments to identify the effectiveness of these methods. Software implementation developed using programming language Object Pascal in the programming environment Delphi. In developing the program belonged task to create a universal software package for solving linear combinatorial optimization on permutations known methods, and new methods. In the software implemented method of combinatorial

second clipping, clipping method based on combinatorial algorithm Karmarkar for conventional linear combinatorial optimization problems on permutations, graph analysis method permutation polyhedron, modification of the second method of combinatorial clipping with the exception of degeneracy in the auxiliary linear programming problem and the method of clipping vertices Shelves polyhedron conditioned for solving linear optimization problems on permutations. Practical numerical experiments have shown that using real numbers in the program can achieve greater performance and resource savings of RAM otherwise - of using fractions - possible to eliminate possible errors in the calculation rounding numbers due to higher cost of computing resources computer system.
Key words: software implementation, the exact and approximate methods, linear optimization problems on permutations.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Значна кількість останніх наукових публікацій свідчить, що евклідова комбінаторна оптимізація є прогресивним та перспективним напрямком досліджень в області математичного програмування. Серед задач, дослідження яких стає все більш важливим, є задачі евклідової комбінаторної оптимізації на вершинно розташованих множинах, зокрема на перестановках. Інтерес до дослідження даних задач викликаний великим практичним значенням у зв’язку з необхідністю їхнього розв’язування у різних сферах економічної, соціальної діяльності.

Актуальним є питання, що полягає в розробці та дослідженні нових методів для загальної лінійної задачі комбінаторної оптимізації на перестановках, має суттєве значення для розвитку комбінаторної оптимізації.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Методи розв’язування лінійних оптимізаційних задач ґрунтуються на відомих елементах теорії та методах евклідової комбінаторної оптимізації, а також інших відомих методах, зокрема поліноміальних алгоритмах.

Так в [1, 2] запропоновано та обґрунтовано другий методу комбінаторного відсікання; в [3] – запропоновано метод комбінаторного відсікання на основі алгоритму Кармаркара для умовних лінійних задач комбінаторної оптимізації на перестановках; запропонований в [4] метод аналізу графа переставного многогранника; в [5, 6] розроблено і викладено модифікація другого методу комбінаторного відсікання з виключенням виродженості в допоміжних задачах лінійного програмування; обґрунтовано метод відсікання вершин графа переставного многогранника для розв’язування лінійних умовних оптимізаційних задач на перестановках [7]. Для підтвердження ефективності роботи даних методів проведено ряд числових експериментів [8, 9].
Метою даної публікації є опис програмної реалізації всіх розроблених методів та алгоритмів [1-7], а також характеристика структури створеної програми та її детальний аналіз.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розробки програми було обрано мову програмування високого рівня *Object Pascal* середовища програмування *Delphi* [10, 11]. Вибір даної мови програмування та середовища спирається на наступні її особливості:

– потужне середовище програмування, яке дозволяє створювати програми будь-якої складності;

– наявність необхідного інструментарію для налагодження програм, в тому числі з реалізацією для багатопроцесорних систем;

– висока швидкість створених програм, яка не поступається іншим мовам високого рівня.

Створене програмне забезпечення призначене для функціонування в операційній системі *MS Windows*, тестування та чисельні експерименти проводились в *MS Windows 7*.

При розробці програми ставилася задача створити універсальний програмний комплекс для розв'язування задач лінійної комбінаторної оптимізації на перестановках відомими методами, а також новими методами, запропонованими в [1-7].

Для можливості проведення тестування розроблених та існуючих методів в різних умовах було реалізовано механізм роботи програми з раціональними дробами. Така реалізація дозволяє легко проводити переключення між апаратом дійсних чисел та роботою з використанням дробів, не змінюючи алгоритми самих методів. Для цього використано відповідні директиви компілятора:

– {$Define REAL} – для використання дійсних чисел;

– {$Define FRACT} – для застосування механізму роботи з раціональними дробами.

З метою ефективного процесу розробки програми було введено уніфікований тип *TNumber*, який використовується для проведення всіх обчислень і в залежності від директиви компілятора є або дійсним типом, або раціональним дробом.

Практичні чисельні експерименти показали, що використання дійсних чисел в роботі програми дозволяє досягти більшої швидкодії та економії ресурсів оперативної пам'яті, в іншому випадку – використання апарату дробів – дозволило повністю усунути можливі похибки округлення чисел при обчисленнях за рахунок більших витрат обчислювальних ресурсів комп'ютерної системи.

Програмна реалізація створена в рамках єдиного проекту, з розділенням на окремі модулі та класи.

Загальну архітектуру створеної програми можна представити у вигляді трьох основних функціональних блоків:

– блоку взаємодії з користувачем та даними;

– блоку реалізації допоміжного функціоналу та оголошень змінних та типів;

– обчислювальний блок.

Для наочного зображення загальної архітектури наведемо її схематичне представлення на рис. 1.

Наведена програмна архітектура дозволила виокремити функціональні частини програми у окремі модулі та класи програми для забезпечення їхньої ефективної взаємодії та керування роботою програми.

Даний програмний комплекс є багатопроцесорною реалізацією, що виконана з застосуванням механізму паралельних обчислень за принципом «ведучий – ведений», відповідно до якого один основний потік виконує розподіл робіт між декількома робочими потоками в багатопроцесорній системі.

Розглянемо, для прикладу, алгоритм роботи створеної програмної реалізації другого методу комбінаторного відсікання:

1. Ініціалізація та обробка початкових даних.
2. Розв'язування допоміжної задачі лінійного програмування відповідним методом для розв'язування задачі лінійного програмування (або симплекс-методом, або з використанням алгоритму Кармаркара).
3. Перевірка отриманого розв'язку на оптимальність, або встановлення нерозв'язності задачі. У разі знаходження оптимального розв'язку – вихід з алгоритму, інакше – перехід на пункт 4.

4. Побудова відсікання для переходу до наступної точки розв’язку шляхом виконання наступних етапів:

   а) знаходження всіх систем рівнянь, розв’язком яких є поточний розв’язок ДЗЛП;

   б) для кожної зі знайдених систем відбувається пошук сусідніх для поточної точок шляхом почергової заміни рівнянь системи на рівняння з системи переставного многогранника та доданих відсікань на попередньому етапі.

5. Через знайдені сусідні точки будується відсікання, яке забезпечує відсікання поточного розв’язку ДЗЛП та не відсікає жодної іншої точки. У разі, якщо по знайденим точкам відсікання побудувати неможливо, виконуються наступні дії:

   а) змінюється порядок координат при побудові відсікання, що дозволяє уникнути побудови відсікання, яке лежить на одній грані з поточною точкою-розв’язком;

   б) якщо перестановка координат не забезпечує побудову відсікання, проводиться зменшення вимірності простору.

6. Побудоване відсікання додається до поточної системи, перехід на пункт 2.

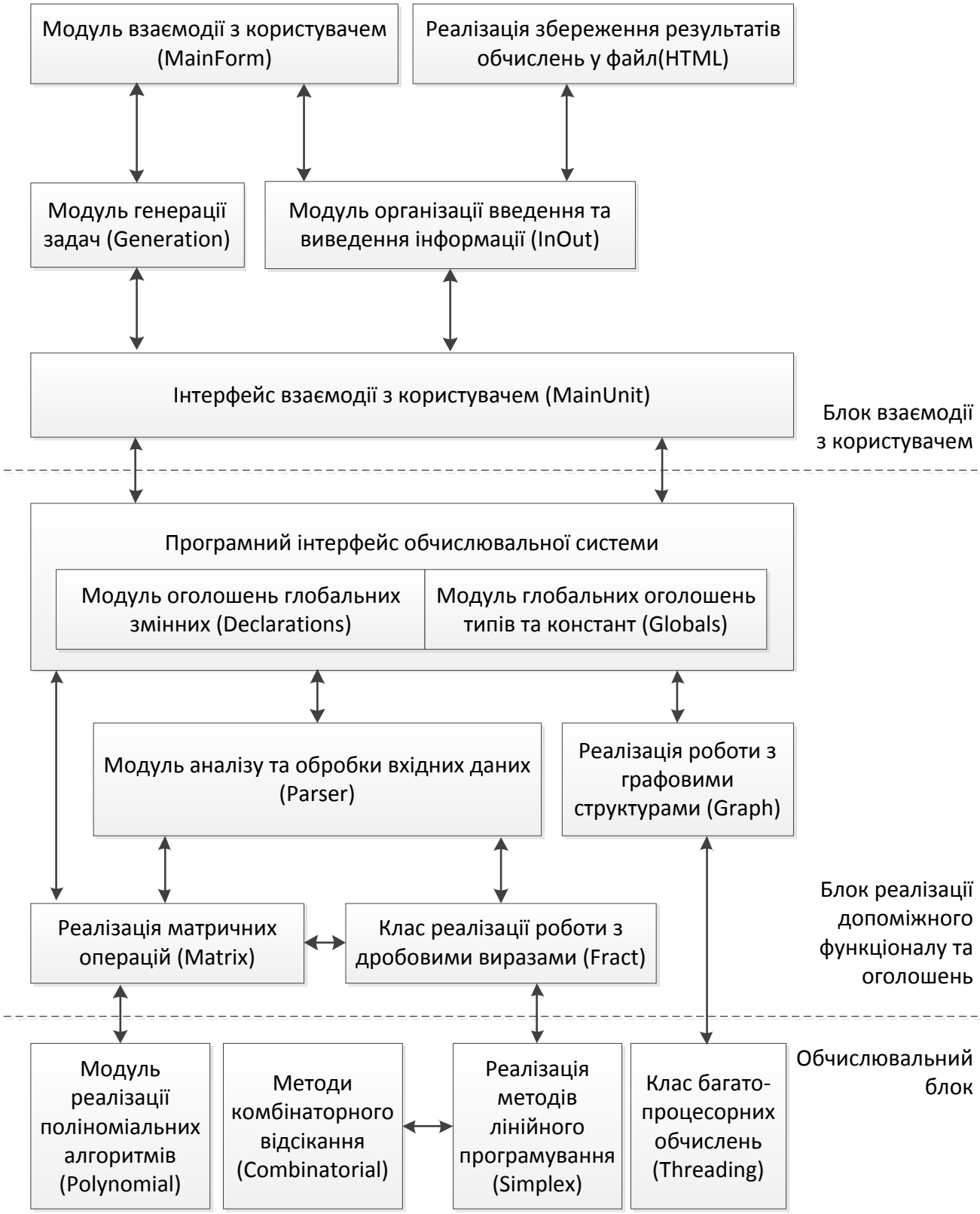

Рис. 1. Архітектура програмної реалізації

ВИСНОВКИ

Публікація містить опис створеної програмної реалізації розроблених методів [1-7]. Програмна реалізація дозволила провести серію чисельних експериментів, дослідити ефективність розроблених методів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ємець О. О. Другий метод комбінаторного відсікання та розв'язування комбінаторних транспортних задач на переставленнях / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Д.М. Ольховський, Т.О. Парфьонова // Штучний інтелект. – 2011. – № 1. – С. 161-167.

2. Ємець О. О. Транспортні задачі на переставленнях та їх розв'язування другим методом комбінаторного відсікання / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Т.О. Парфьонова, Д.М. Ольховський // Економіка : проблеми теорії та практики: збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – Т. VI, № 264. – С. 1449-1457.

3. Ємець О. О. Оптимізаційні задачі на переставленнях: метод комбінаторного відсікання з використанням алгоритму Кармаркара / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Д.М. Ольховський // Наукові записки НАУКМА. – 2011. – Т. 125. – С. 61-63.

4. Емец О. А. Метод анализа графа перестановочного многогранника для линейных условных оптимизационных задач с реализацией для многопроцессорной системы / О.А. Емец, Е.М. Емец, Д.Н. Ольховский // «Проблемы управления и информатики». – 2012. – № 3. – С. 46-55.

5. Ємець О. О. Другий метод комбінаторного відсікання в задачах на вершинно розташованих множинах з виключенням виродженості в допоміжних задачах лінійного програмування / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Д.М. Ольховський // Комбінаторні конфігурації та їх застосування: матеріали дев'ятого Міжвузівського науково-практичного семінару 16-17 квітня 2010 р. – Кіровоград, 2010. – С. 44-48.

6. Ємець О. О. Модифікація другого методу комбінаторного відсікання / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Д.М. Ольховський // Питання оптимізації обчислень (ПОО-XXXVII) : праці міжнародної молодіжної математичної школи. – К. : Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, 2011. – С. 60-61.

7. Ємець О. О. Розв'язування оптимізаційних задач методом відсікання вершин графа переставного многогранника / О.О. Ємець, Є.М. Ємець, Д.М. Ольховський // Інтелектуальні системи в промисловості і освіті (ІСПО-2011) : Тези доповідей Третьої міжнародної науково-практичної конференції 2-4 листопада 2011 року. – Суми : Видавництво СумДУ, 2011. – Т. ІІ. – С. 106-108.

8. Ємець Є. М. Програмна реалізація методу комбінаторного відсікання з використанням раціональних дробів / Є.М. Ємець, Д.М. Ольховський // Двадцята міжнародна наукова конференція імені академіка М. Кравчука : матеріали конференції 15-17 травня 2008 р. – К. : ТОВ «Задруга», 2008. – С. 610.

9. Ольховський Д. М. Числові експерименти з застосуванням методу комбінаторного відсікання до транспортної задачі на переставленнях / Д. М. Ольховський, Т. О. Парфьонова // Інформатика та системні науки (ІСН-2010) : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції 18-20 березня 2010 р. – Полтава : РВВ ПУСКУ, 2010. – С. 149-151.

10. Осипов Д. Л. Delphi. Профессиональное программирование / Д.Л. Осипов. – СПб. : Символ Плюс, 2006. – 1056 с.

11. Teixeira S. Borland Delphi 6 Developer's Guide / S. Teixeira, X. Pacheco. – Sams Publishing, 2001. – 1200 p.

REFERENCES

1. Yemets, O.O., Yemets, E.M. and Olhovsky D.M. (2011), “The second method of combinatorial clipping and solving combinatorial transport problems on permutations”, *Shtuchnyi intelekt*, no. 1, pp. 161-167.

2. Yemets, O.O., Yemets, E.M., Parfionova T.O. and Olhovsky D.M. (2010), “Transport problem on permutations and their solving with second combinatorial clipping method”, *Ekonomika: problemy teorii ta praktyky: zbirnyk naukovykh prats*, no. 264, vol. VI, pp. 1449-1457.

3. Yemets, O.O., Yemets, E.M. and Olhovsky, D.M. (2011), “Optimization problem on permutations: clipping method using Karmarkar combinatorial algorithm”, *Naukovi zapysky NAUKMA*, vol. 125, pp. 61-63.

4. Yemets, O.O., Yemets, E.M. and Olhovsky, D.M. (2012), “The method of analysis of the graph for linear permutation polyhedron conditional optimization problems with the implementation of a multiprocessor system”, *Problemy upravleniya i informatiki*, no. 3, pp. 46-55.

5. Yemets, O.O., Yemets, E.M. and Olhovsky, D.M. (2010), “The second method of cutting off a combinatorial problems on vertex located sets with the exception of degeneracy in the auxiliary linear programming problem”, *Kombinatorni konfihuratsii ta yikh zastosuvannia: materialy deviatoho Mizhvuzivskoho naukovo-praktychnoho seminaru*, pp. 44-48.

6. Yemets, O.O., Yemets, E.M. and Olhovsky, D.M. (2011), “Modification of the second method of combinatorial clipping”, *Pytannia optymizatsii obchyslen (POO-XXXVII): pratsi mizhnarodnoi molodizhnoi matematychnoi shkoly*, pp. 60-61.

7. Yemets, O.O., Yemets, E.M. and Olhovsky, D.M. (2011), “Solving optimization problems by clipping vertices adjustable polyhedron”, *Intelektualni systemy v promyslovosti i osviti (ISPO-2011)*, Sumy, Ukraine, vol. II, pp. 106-108.

8. Yemets, E.M. and Olhovsky, D.M. (2008), “Software implementation combinatorial clipping method using rational fractions”, *Dvadtsiata mizhnarodna naukova konferentsiia imeni akademika M. Kravchuka*, Kyiv, Ukraine, p. 610.

9. Olhovsky, D.M. and Parfionova, T.O. (2010), “Numerical experiments using combinatorial methods clipping to the transportation problem on permutations”, *Informatyka ta systemni nauky (ISN-2010): materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, Poltava, Ukraine, pp. 149-151.

10. Osipov, D.L. (2006), *Deplhi. Profesionalnoe programmirovanie* [Deplhi. Professional programming], Simvol Plus.

11. Teixeira, S. and Pacheco, X. (2001), Borland *Delphi 6 Developer’s Guide*, Sams Publishing.