ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ДВУХУРОВНЕВОЙ ЗАДАЧИ О P-МЕДИАНЕ

Е. В. Алексеева, Ю. А. Кочетов, А. В. Плясунов

В работе рассматривается задача о p-медиане в двухуровневой постановке:

$$\min_y \{ \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij}(y) | \sum_{i \in I} y_i = p, y_i \in \{0, 1\} \},$$

где $x_{ij}(y)$– оптимальное решение задачи:

$$\min_x \{ \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} | \sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad j \in J, \quad 0 \le x_{ij} \le y_i, \quad i \in I, j \in J \}.$$

Если $(c_{ij}) = (d_{ij})$, то получаем классическую задачу о p-медиане. Таким образом, рассмотренная задача является не только NP-трудной в сильном смысле, но и оказывается в классе PLS-полных задач [1], если требуется найти локальный минимум по окрестности 1-замена. В работе показано, что допустимое решение задачи является локально оптимальным относительно этой окрестности тогда и только тогда, когда оно удовлетворяет необходимым условиям Куна-Таккера для соответствующей линейной релаксации.

Для поиска глобального оптимума разработан генетический алгоритм, элементами популяции которого являются локальные оптимумы по окрестности 1-замена. Алгоритм использует стандартные операторы скрещивания, мутации и селекции, а также рандомизированный алгоритм локального спуска для получения новых локальных оптимумов. На стадии улучшения элементов популяции применяется локальный спуск по окрестности Лина-Кернигана [2], которая помогает исключить точки перегиба и найти лучшие решения на значительном расстоянии от текущего.

Для получения нижних оценок используется сведение исходной задачи к задаче выбора оптимального набора строк пары матриц. Исследуются пять различных представлений этой задачи в терминах целочисленного линейного программирования. Они отличаются разрывом двойственности, что существенно влияет на время работы метода ветвей и границ. Обсуждаются результаты численных экспериментов.
Работа поддержана грантом РФФИ 03–01–00455.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Yannakakis. (1997) *Computational complexity.* E.Aarts and J.K. Lenstra (eds.) *Local Search in Combinatorial Optimization*, Chichester: Wiley, 1997. P. 19–55.
2. Yu. Kochetov, E. Alexeeva. (2003) *Large Neighborhood Search for the p-Median Problem.* Proceedings SYM-OP-IS 2003, Herceg-Novi, Montenegro, 2003. P. 19–21.

Алексеева Екатерина Вячеславовна, Кочетов Юрий Андреевич,
Плясунов Александр Владимирович
Институт математики им. С. Л. Соболева СОРАН,
пр. Академика Коптюга 4, Новосибирск, 630090, Россия,
тел. (8-383-2) 33-20-86, факс (8-383-2) 33-25-98,
e-mail: ekaterina2@math.nsc.ru, jkochet@math.nsc.ru, apljas@math.nsc.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ С ОДНИМ АЛГОРИТМОМ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА

П. А. Борисовский, А. В. Еремеев

В настоящей работе проводится сравнение алгоритма случайного поиска с пересчетом при неудачном шаге [1], обозначаемого далее через (1+1)-EA, и вероятностных методов оптимизации из класса алгоритмов эволюционного типа. Сформулированы достаточные условия, при которых (1+1)-EA не уступает эволюционным алгоритмам в терминах функции распределения и математического ожидания значения целевой функции решения, полученного на заданной итерации, а также в среднем числе итераций до получения оптимума. Данные условия основаны на свойстве доминирования вероятностных операторов построения пробных точек, которое аналогично свойству стохастического доминирования (см., например, [2]).

С использованием условий доминирования могут быть обобщены некоторые нижние оценки средней трудоемкости, известные для (1+1)-EA, на класс всех эволюционных алгоритмов, основанных на том же операторе построения пробных точек. Применение данного подхода иллюстрируется на примере обобщения нижней оценки средней трудоемкости $\Omega(n^2 \ln n)$ [3] на соответствующий класс эволюционных алгоритмов для одной задачи сортировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Растригин Л. А. (1968) *Статистические методы поиска.* М. Наука.
2. Lindvall, T. (1992) *Lectures on the coupling method.* Wiley, New York.
3. Scharnow, J., Tinnefeld, K., Wegener, I. *The analysis of evolutionary algorithms on sorting and shortest paths problems.* To appear in Journal of Mathematical Modelling and Algorithms.

Борисовский Павел Александрович, Еремеев Антон Валентинович,
Омский филиал института математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
Певцова, 13, Омск, 644099, Россия, тел. (3812) 23-67-39, факс (3812) 234584,
e-mail: borisovsky@iitam.omsk.net.ru, eremeev@iitam.omsk.net.ru

ЗАДАЧИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ УПАКОВКИ: ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С МЕТАЭВРИСТИКОЙ МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ И АЛГОРИТМОМ ПАРНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

А. Ф. Валеева

Рассматриваются следующие задачи двухмерной упаковки:
1). Упаковка конечного набора прямоугольников в полубесконечную полосу заданной ширины (1.5DBP). Требуется найти минимальную длину занятой части полосы.
2). Упаковка конечного набора прямоугольников в листы заданного размера. Требуется найти минимальное количество листов.

Перечисленные задачи являются NP-трудными. Для их решения разработаны эвристические методы: метод Ant Colony Packing (ACP), основанный на метаэвристике муравьиной колонии [1] и метод QSeq, использующий известный декодер Q-Sequence [2]. В статье приводятся результаты численных экспериментов, проводимые на тестовых задачах из OR-Library [3]. При этом сравнивались методы ACP, QSeq и SP [4]. Лучший результат показал метод ACP.

Работа поддержана грантом РФФИ 01-01-510.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dorigo M., Di Caro G. ,Gambardella L.M. (1999) *Ant Algorithms for Discrete Optimization* // Artifical Life. 1999. Vol. 5. №3. pp. 137–172.
2. Sakanushi K., Kajitani Y. (2000) *The Quarter-State Sequence (Q-Sequence) to Represent the Floorplant and Applications to Layout Optimization* //Proc. of IEEE Asia Pacific Conference Circuits And Systems 2000, pp. 175-178.
3. Beasley J. E. (1990) *OR-Library:distributing test problems by electronic mail* //Journal of the Operational Rsearch Society. 41. 1990. P. 1069-1072.
4. Imahori S., Yaguira M., Ibaraki T. (2001) *Local Search Heuristics for the Rectangle Packing Problem With General Spatial Costs* // MIC'2001-4th Metaheuristics International conference. pp. 471-476.

Валеева Аида Фаритовна,
Уфимский государственный авиационный технический университет,
К. Маркса, 12, Уфа, 450000, Россия, тел. (8-3472)23-79-67,
факс (8-3472)23-77-17, e-mail: valeyev@ufap.ugatu.ac.ru

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕВЫПУКЛЫХ ОРИЕНТИРОВАННЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ В ПОЛУБЕСКОНЕЧНОЙ ПОЛОСЕ

М. А. Верхотуров, С. В. Петренко

В работе рассматривается решение следующей задачи: требуется в полубесконечной прямоугольной области S_0 шириной w разместить n плоских невыпуклых многоугольников $S_1, S_2, ..., S_n$, таким образом, чтобы длина занятой части области S_0 была минимальной. Предлагаемый подход к решению задачи основан на специфической структуре линейных неравенств [1] и идеологии активного набора [2]. Этот способ решения позволяет итерационно улучшать некоторое начальное приближение, в результате чего достигается локальный экстремум задачи. Данный метод использует невыпуклость допустимой области, что позволяет существенно уменьшить объем обрабатываемых данных, и, следовательно, скорость работы алгоритма. Надежность метода повышает то, что для нахождения годографов функции плотного размещения [3] используется только простой алгоритм для выпуклых многоугольников [4], для этого каждый из исходных невыпуклых многоугольников разбивается на множество выпуклых.

Алгоритм решения состоит из трех этапов: 1) Разбиение невыпуклых многоугольников на выпуклые. 2) Построение годографов (ф-функций) для пар выпуклых многоугольников и области размещения и получение допустимой области D в виде структуры неравенств. 3) Итерационный поиск локального экстремума на области D, заданной в виде структуры неравенств.

На базе предложенных алгоритмов разработано программное обеспечение, тестирование которого подтвердило получение планируемых результатов. В дальнейшем предполагается дальнейшее совершенствование предложенного подхода, а также использование соответствующих алгоритмов в автоматизированной системе нерегулярного раскроя *NestCAD/CAM*, разработанной при участии авторов.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, грант № 01-01-00510.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоян Ю. Г., Яковлев С. В. (1986) *Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования.* - Киев: Наук. Думка.
2. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. (1985) *Практическая оптимизация.* - М.: Мир.
3. Стоян Ю. Г. (1975) *Размещение геометрических объектов.* - Киев: Наук. Думка.
4. Julia A. Bennell, Kathryn A. Dowsland, William B. Dowsland (2001) *The irregular cutting-stock problem - a new procedure for deriving the no-fit polygon*// Computers Operations Research 28, P. 271–287.

Верхотуров Михаил Александрович, Петренко Семен Васильевич,
Уфимский государственный авиационный технический университет,
ул. К. Маркса, 12, 450000, Уфа, тел. (3472)-237967, факс (3472)-222918,
e-mail: verhotur@vmk.ugatu.ac.ru, p_s_v_a_group@mail.ru

ПОИСК С ЗАПРЕТАМИ С ОКРЕСТНОСТЬЮ ТИПА ЛИНА–КЕРНИГАНА ДЛЯ МНОГОСТАДИЙНОЙ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ

Е. Н. Гончаров, Ю. А. Кочетов

Многостадийная задача размещения относится к числу NP-трудных в сильном смысле задач дискретной оптимизации [1]. Она является обобщением простейшей задачи размещения и легко переформулируется в виде задачи минимизации псевдобулевых полиномов, двухуровневой задачи размещения или задачи выбора оптимального набора строк пары матриц.

Для решения сформулированной задачи в работе предлагается алгоритм поиска с запретами, использующий рандомизированный вариант окрестности Лина–Кернигана [2]. Окрестность содержит заданное число упорядоченных элементов, каждый из которых является лучшим в рандомизированной окрестности *Swap*&*Flip* для предшествующего элемента. Новая окрестность сохраняет преимущества окрестностей *Swap* и *Flip*, в частности, малую трудоемкость поиска, обусловленную специализированными структурами данных [3], и сглаживает их недостатки, связанные с малым диаметром. Управляя рандомизацией и мощностью новой окрестности, удается снизить погрешность при решении трудных примеров [4] и повысить частоту нахождения глобального оптимума при заданном числе итераций. Аналогичный подход может быть использован при решении других задач дискретной оптимизации.

Работа поддержана грантами РФФИ 03–01–00455, 02–01–01153.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров Е. Н., Кочетов Ю. А. (2002) *Вероятностный поиск с запретами для дискретных задач безусловной оптимизации* // Дискретный анализ и исследование операций, Серия 2, 9(2), 2002, 13-30.
2. Yu. Kochetov, E. Alexeeva, (2003) *Large neighborhood search for the p-median problem.* Proceedings SYM-OP-IS 2003, Herceg-Novi, Montenegro, 2003. 19–21.
3. Resende M. G. C., Werneck F. R., *On the implementation of a swap-based local search procedure for the p-median problem,* http://www.optimization-online.org/archive-digest/
4. http://www.math.nsc.ru/AP/benchmarks/english.html

Гончаров Евгений Николаевич, Кочетов Юрий Андреевич,
Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
пр. Академика Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия,
тел. (8-383-2) 33-20-86, факс (8-383-2) 32-25-98,
e-mail: gon@math.nsc.ru, jkochet@math.nsc.ru

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА С ОДНИМ И ДВУМЯ ШАГАМИ АДАПТАЦИИ

Е. Г. Данилов

В работе рассматривается эвристический алгоритм случайного глобального поиска АДАПТ [1]. Как и большинство известных эвристических алгоритмов поиска [2], он использует гипотезу, что в природе чаще встречаются функции, у которых лучшие значения целевой функции лежат ближе к оптимальному, нежели плохие значения.

Алгоритм АДАПТ хорошо работает на сложных задачах, встречающихся на практике, что говорит о справедливости используемой гипотезы. Однако вопрос о том, почему алгоритм работает, и какие свойства функции в наибольшей степени влияют на поведение алгоритма, остается открытым.

Работа посвящена исследованию данного вопроса. В частности, рассматриваются случаи, когда алгоритм использует 1 или 2 шага адаптации. То есть алгоритм последовательно проводит 2 или 3 серии экспериментов, каждая их которых планируется согласно полученной в предыдущих сериях экспериментов информации. В этом случае удается оценить, насколько задача сложна для оптимизации таким алгоритмом, и выделить свойства задачи, влияющие на результат. Так же приводятся результаты численных экспериментов для ряда тестовых примеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. С. Лбов, Н. Г. Старцева (1999) *Логические решающие функции и вопросы статистической устойчивости решений* - Новосибирск: Изд-во Ин-та математики.
2. V. J. Rayward-Smith, I. H. Osman, C. R. Reeves, G. D. Smith (1996) *Modern heuristic search methods* - Whiley & Sons

Данилов Евгений Геннадьевич,
Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
пр. Академика Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия,
тел. 8-913-901-2254, e-mail: evgeny@softava.com

СОВМЕСТНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ПОВТОРЯЮЩЕГОСЯ ФРАГМЕНТА В ЗАШУМЛЕННОЙ ЧИСЛОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЗАДАННОМ ЧИСЛЕ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОВТОРОВ

А. В. Кельманов, С. А. Хамидуллин, М. А. Кельманова

Рассматривается задача совместного обнаружения (поиска) и оценивания (восстановления) повторяющегося фрагмента в зашумленной числовой последовательности. On-line подход к решению данной задачи традиционен и широко применяется в приложениях, связанных с обработкой и распознаванием сигналов. В работе исследуется альтернативный – off-line – подход. Анализируется случай заданного числа квазипериодических повторов.

Решение задачи, основанное на принципе максимального правдоподобия, приводит к минимизации суммы $S(n_1, \dots, n_M, u_0, \dots, u_{q-1}) = \sum_{n=a}^{b}\{y_n - \sum_{m=1}^{M} u_{n-n_m}\}^2$, где $u_j = 0$, $j \neq 0, \dots, q-1$, $0 < \sum_{j=0}^{q-1} u_j^2 < \infty$, $0 < \sum_{n=a}^{b} y_n^2 < \infty$, при краевых условиях 1) $a \leq n_1 \leq a^+ \leq b$, 2) $a \leq b^- \leq n_M \leq b$ и условии квазипериодичности повторов 3) $0 < q \leq T_{\min} \leq n_m - n_{m-1} \leq T_{\max}$, $m = 2, \dots, M$; здесь a, a^+, b, b^-, $T_{\min}$, $T_{\max}$ и q – целые числа, M – число повторов, y_n, $n = a, \dots, b$, – наблюдаемая последовательность.

Оптимальный вектор $(\hat{\hat{u}}_0, \dots, \hat{\hat{u}}_{q-1})$ – искомый фрагмент – находится по правилу $\hat{\hat{u}}_k = (1/M)\sum_{i=1}^{M} y_{\hat{n}_i+k}$, $k = 0, \dots, q-1$, которое устанавливается аналитически. Поиск оптимального набора $(\hat{n}_1, \dots, \hat{n}_M)$ сводится к задаче на максимум целевой функции $F(n_1, \dots, n_M) = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M} f(n_i, n_j)$, где $f(n_i, n_j) = \sum_{k=0}^{q-1} y_{n_i+k} y_{n_j+k}$. Какие-либо полиномиальные алгоритмы решения этой задачи с оценками их точности в настоящее время не известны. Поэтому решение задачи находится в два этапа: 1) поиск начального приближения, 2) покоординатное улучшение приближения. Начальное приближение определяется в результате решения вспомогательной задачи на максимум сепарабельной функции $G(n_1, \dots, n_M) = \sum_{i=1}^{M} f(n_i, n_i)$. Содержательно эта задача связана с разложением $F = G + \sum_{i \neq j} f(n_i, n_j)$ и состоит в оптимальном разбиении числовой последовательности на M участков, каждый из которых включает ровно один фрагмент. Для алгоритма решения этой задачи получены рекуррентные формулы, учитывающие специфику ограничений и гарантирующие отыскание глобального экстремума за время $O[M(T_{max} - T_{min} + 1)(b - a + 1)]$ при затратах по памяти $O[M(b - a + 1)]$, где $b - a + 1$ – длина последовательности. Число итераций на втором этапе ограничено величиной $b - a + 1$, а затраты по памяти есть величина $O[(b - a + 1)^2]$. Поэтому временная сложность двухэтапного алгоритма изменяется в интервале от $O(b - a + 1)$ до $O[(b - a + 1)^3]$ при емкостной сложности $O[(b - a + 1)^2]$. Приведены результаты численного моделирования, иллюстрирующие среднеквадратическую сходимость оценок фрагмента.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 03-01-00036.

Кельманов Александр Васильевич, Хамидуллин Сергей Асгадуллович,
Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
пр. Академика Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия,
тел.: (8-383-2) 333-291, факс: (8-383-2) 322-598, e-mail: {kelm, kham}@math.nsc.ru
Кельманова Мария Александровна, Новосибирский государственный университет,
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

ЛОКАЛЬНЫЙ ПОИСК В ЗАДАЧЕ О P–МЕДИАНЕ

Ю. А. Кочетов, М. Г. Пащенко, А. В. Плясунов

Для задачи о p–медиане исследуется сложность нахождения локального минимума: для заданной окрестности и произвольного входа найти локально оптимальное решение. Рассматривались окрестности: $Swap, LK_{Swap}$, $FM-Swap$, FM [1], LK^1_{Swap} и $m-Swap$. Окрестность LK^1_{Swap} получена из окрестности LK_{Swap} по аналогии с окрестностью $FM-Swap$, а $m-Swap$ получена из окрестности $m-Flip$ [2].

Установлено, что задача о p–медиане является PLS–полной с любой из рассматриваемых окрестностей. Это означает, что существование полиномиального алгоритма для нахождения локального минимума хотя бы для одной из этих окрестностей, приводит к полиномиальной разрешимости всех задач из класса PLS [1]. Заметим, что до сих пор неизвестно ни одного полиномиального алгоритма для решения PLS–полных задач.

Показано, что в худшем случае локальный минимум относительно любой полиномиально проверяемой окрестности может быть хуже глобального минимума в произвольное число раз.

Под стандартным алгоритмом локального спуска (LD) понимают итеративную процедуру, которая начинает работу с произвольного допустимого решения. Шаг состоит в переходе от текущего решения к соседнему с лучшим значением целевой функции. Процедура заканчивает свою работу в локальном минимуме относительно заданной окрестности.

Для алгоритма LD получены следующие результаты.

1. С каждой из выше перечисленных окрестностей алгоритм в худшем случае требует экспоненциального числа шагов для нахождения локального минимума задачи о p-медиане при любом выборе направления спуска.

2. Получен пример исходных данных, в котором алгоритм с окрестностями LK^1_{Swap} и $FM-Swap$ совершает экспоненциальное число шагов.

3. Для любой из выше перечисленных окрестностей следующая задача является $PSPACE$-полной: для заданного входа и произвольного начального решения найти локальной минимум, который может быть получен алгоритмом LD.

Работа поддержана грантом РФФИ 03–01–00455.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Yannakakis, (1997) *Computational complexity.* E. Aarts and J. K. Lenstra (eds.) Local Search in Combinatorial Optimization, Chichester: Wiley, P. 19–55.

2. T. Vredeveld, J. K. Lenstra (2003) *On local search for the generalized graph coloring problem* //Oper. Res. Letters. V. 31, N. 4. P. 28–34.

Кочетов Юрий Андреевич, Плясунов Александр Владимирович,
Пащенко Михаил Георгиевич,
Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
пр. Академика Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия
тел. (8-383-2) 33-20-86, факс (8-383-2) 32-25-98,
e-mail: jkochet@math.nsc.ru, apljas@math.nsc.ru, pashch@math.nsc.ru

АЛГОРИТМ ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ДЛЯ ЗАДАЧ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ УПАКОВКИ

Ю. А. Кочетов, А. С. Руднев

В задачах прямоугольной упаковки заданы n предметов прямоугольной формы. Каждый предмет имеет свою длину и ширину. Требуется уложить предметы на плоскости без пересечений так, чтобы значение некоторой целевой функции достигало минимального значения. В качестве целевой функции могут рассматриваться площадь окаймляющего прямоугольника, длина занимаемой полосы заданной ширины, суммарная длина взаимных связей и др. Предполагается, что стороны прямоугольников параллельны осям координат. Повороты предметов не допускаются.

При решении задач указанного класса важную роль играет кодировка упаковок. На сегодняшний день известно более десяти различных кодировок [1,2]. В данной работе исследовались возможности *O-Tree* кодировки, имеющей линейную трудоемкость декодирования [3]. Эта кодировка использовалась в стандартной схеме имитации отжига. Целью экспериментальных исследований являлась оценка влияния различных процедур уплотнения и локального спуска на относительную погрешность и время работы алгоритма. Разработана новая процедура упаковки прямоугольников, аналогичная процедуре построения T-поздних расписаний в календарном планировании. Она приводит к значительному сокращению погрешности, имеет малую трудоемкость и позволяет получать рекордные решения на известных тестовых примерах.

Работа поддержана грантом РФФИ 03–01–00455.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухачева Э. А. (2002) *Обзор и перспективы развития комбинаторных методов решения задач раскроя и упаковки* // Российская конференция “Дискретный анализ и исследование операций” Материалы конференции (Новосибирск 24–28 июня 2002). Новосибирск. Изд-во Ин-та математики, С. 80–87.
2. Lin J.-M., Chang Y.-W., (2002) *TCG-S: Orthogonal Coupling of P*-admissible Representations for General Floorplans,* in Proc. of ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC-2002), New Orlean, LA.(http://cc.ee.ntu.edu.tw/∼ywchang/publications.html)
3. Guo P.-N., Cheng C.-K., Yoshimura T. (1999) *An O-Tree representation of non-slicing floorplan and its application* // Proc. DAC. 1999. P. 268–273.

Кочетов Юрий Андреевич, Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, пр. Академика Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия,
тел. (8-383-2) 33-20-86, факс (8-383-2) 32-25-98, e-mail: jkochet@math.nsc.ru,

Руднев Антон Сергеевич, Новосибирский государственный университет, ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АДАПТИВНЫЙ ПОИСК ДЛЯ ЗАДАЧИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Ю. А. Кочетов, А. А. Столяр

В работе рассматривается известная NP–трудная задача календарного планирования с ограниченными ресурсами. Для ее решения предлагается эвристический алгоритм, основанный на идеях вероятностных жадных методов. Решение строится шаг за шагом, на каждом из которых выбор очередной работы осуществляется в соответствии с оптимальным решением вспомогательной задачи на узкое место. К полученному решению применяется процедура встречного прохода, основанная на итеративном переходе от активного расписания к T-позднему и обратно [1]. На завершающей стадии используется процедура локального спуска по трем окрестностям линейной и квадратичной мощности.

Численные эксперименты проводились на примерах из электронной библиотеки PSPLib [2]. Интересным свойством метода является то, что решения, полученные процедурой встречного прохода, часто оказываются локальными оптимумами относительно рассматриваемых окрестностей. Получены доверительные интервалы для вероятности получения локального оптимума, а также для вероятности получения решения, содержащего таковые в своей окрестности. Они позволяют найти оптимальный баланс между числом итераций алгоритма и числом шагов локального спуска. Обсуждаются направления дальнейших исследований.

Работа поддержана грантом РФФИ 03–01–00455.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетов Ю. А., Столяр А. А. *Использование чередующихся окрестностей для приближенного решения задачи календарного планирования с ограниченными ресурсами* // Дискрет. анализ и исслед. операций. Сер. 2. 2003. Т. 10, № 2. С. 29–55.
2. Kolisch R., Schwindt C., Sprecher A. *Benchmark instances for project scheduling problems* // Project Scheduling. Recent Models, Algorithms and Applications. Boston: Kluwer Acad. Publ., 1999. P. 197–212.

Кочетов Юрий Андреевич, Столяр Артём Александрович
Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
пр. Академика Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия,
тел. (8-383-2) 33-20-86, факс (8-383-2) 32-25-98,
e-mail: jkochet@math.nsc.ru, asto@math.nsc.ru

АЛГОРИТМ МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА МОЩНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Т. В. Леванова, М. А. Лореш

Рассматривается задача размещения с ограничениями на объемы производства в следующей целочисленной постановке:

$$
\begin{aligned}
F(z,x) = \sum_{i\in I} c_i z_i + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} t_{ij} x_{ij} \to \min \\
\sum_{i\in I} x_{ij} = 1,\ j\in J, \\
\sum_{j\in J} p_{ij} x_{ij} \le V_i z_i,\ i\in I, \\
z_i, x_{ij} \in \{0,1\},\ i\in I,\quad j\in J.
\end{aligned}
$$

Здесь I, J – множества предприятий и потребителей некоторого продукта, c_i – производственные затраты для i-го предприятия, t_{ij} – затраты на транспортировку продукта из i в j, p_{ij} – потребность клиента j в продукте предприятия i, V_i – мощность предприятия i. Переменная z_i равна 1, если предприятие i открыто, 0 – в противном случае; x_{ij} равна 1, если предприятие i обслуживает клиента j, иначе $x_{ij} = 0$. Хорошо известна постановка, в которой потребности p_{ij} клиента j одинаковы для каждого предприятия i. Обзор результатов для такого случая можно найти в [1].

В данной работе для решения рассматриваемой задачи предлагается вариант алгоритма муравьиной колонии. Искусственный муравей, двигаясь от клиента к клиенту, назначает каждому потребителю j ровно одно предприятие i согласно некоторому вероятностному закону. Если перевозка x_{ij} выбрана, то соответствующее предприятие считается открытым ($z_i = 1$), и вероятность того, что оно будет использоваться для обслуживания оставшихся клиентов, повышается. Статистическая информация, накопленная искусственными муравьями на предыдущих итерациях, влияет на вероятность выбора той или иной перевозки x_{ij} в соответствии с [2].

Приводятся результаты экспериментальных исследований предложенного алгоритма на задачах различной размерности и структуры из электронных библиотек (http://mscmga.ms.ic.ac.uk/info.html, www.math.nsc.ru/AP/benchmarks). На рассмотренных задачах алгоритм показал небольшие отклонения от известных рекордов. В частности, на примерах из библиотеки OR-Library алгоритмом достигнута относительная погрешность порядка 1%.

Работа поддержана грантом РГНФ (проект 04-02-00238а).

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Sridharan. (1995) *The capacitated plant location problem.* // European Journal of Operational Research. 1995. V87. P. 203–213.

2. W. J. Gutjahr. (2003) *A Converging ACO Algorithms for Stochastic Combinatorial Optimization.* Proc. SAGA 2003, Springer LNCS 2827. P. 10–25.

Леванова Татьяна Валентиновна, ОФИМ СО РАН
ул. Певцова, 13, Омск, 644099, Россия, тел. (8-381-2) 23-67-39,
факс (8-381-2) 23-45-84, e-mail: levanova@iitam.omsk.net.ru

Лореш Максим Андреевич, Омский государственный университет,
пр. Мира, 55-а, Омск, 644077, Россия, тел. (8-381-2) 64-42-38, e-mail: loresh@bk.ru

REFORMULATION SEARCH APPLIED TO CIRCLE PACKING PROBLEMS

Nenad Mladenović, Frank Plastria, Dragan Urošević

Several years ago classical Euclidean geometry problems of densest packing of circles in the plane have been formulated as nonconvex optimization problems, allowing to find heuristic solutions by using any available NLP solver. In this paper we try to improve this procedure. The faster NLP solvers use first order information only, so stop in a stationary point. A simple switch from Cartesian coordinates to polar or vice versa, may destroy this stationarity and allow the solver to descend further. Such formulation switches may of course be iterated. For densest packing of equal circles into a unit circle, this simple feature turns out to yield results close to the best known, while beating second order methods by a time-factor well over 100.

This technique is formalized as a general Reformulation Descent (RD) heuristic, which iterates among several formulations of the same problem until local searches obtain no further improvement. We also briefly discuss how RD might be used within other meta-heuristic schemes.

Nenad Mladenović,
Mathematical Institute, Serbian Academy of Sciences,
Knez Mihajlova 35, 11000 Belgrade, Serbia and Montenegro,
fax.(381-11) 186-105, e-mail: nenad@crt.umontreal.ca

Frank Plastria,
Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel, Belgium,
e-mail: Frank.Plastria@vub.ac.be

Dragan Urošević,
Mathematical Institute Serbian Academy of Sciences,
Knez Mihajlova 35, 11000 Belgrade, Serbia and Montenegro,
e-mail: draganu@mi.sanu.ac.yu

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С РАЗЛИЧНЫМИ ДЕКОДЕРАМИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ УПАКОВКИ

Э. А. Мухачева, А. С. Мухачева, М. А. Смагин

В качестве основной рассматривается задача ортогональной упаковки прямоугольников в полубесконечную полосу (1.5Dimensional Bin Paking, **1.5DBP**). Для ее решения применяется классический генетический алгоритм с родным декодером *усовершенствованный нижний левый* [1]. Кроме того генетический алгоритм испытывался с другими декодерами: *блочный*, **BD**; *замещения*, **Sub**; *замещения с перестройкой* **SubRec** [2]; парных последовательностей **SP** [3]. Испытания проводились на различных информационных областях, построенных с помощью генератора P. Schwerin & G. Waescher [4]. В докладе приведены краткие характеристики и иллюстрации декодеров. Результаты экспериментов сведены в таблицы. Основным показателем эффективности декодера являются коэффициент раскроя **CC**, равный отношению полезной площади ко всей затраченной площади полосы. Лучшие результаты продемонстрировали декодеры **BD** и усовершенствованный **Sub**. Аналогичный эксперимент проведен с расширенным списком декодеров для некоторых задач из OR-Library.

Работа поддержана РФФИ (проект 01-01-00510), фондом Президента РФ (проект № МК 145.2003.01).

ЛИТЕРАТУРА

1. Liu D., Teng H. (1999) *An improved BL-algorithm for genetic algorithm of the orthogonal packing of rectangles.* // European Journal of Operation Research. 1999. 112. P. 413–420.
2. Мухачева Э. А., Мухачева А. С. (2004) *Задача прямоугольной упаковки: методы локального поиска оптимума на базе блочных структур* // Автоматика и телемеханика. Наука. 2004. №2. С. 101-112.
3. Imahori S., Yaguira M., Ibaraki T. (2001) *Local Search Heuristics for the Rectangle Packing Problem with General Spatial Costs* // MIC'2001-4th Metaheuristics International conference. P.471-476.
4. Schwerin P., Waescher G. (1997) *The Bin-Packing Problem: a Problem Generator and Some Numerical Experiments with FFD Packing and MTP* // International Transactions in Operational Research. 1997. Vol.4. P.337-389.

Мухачева Элита Александровна, Мухачева Анна Сергеевна,
Смагин Михаил Анатольевич,
Уфимский государственный авиационный технический университет,
К. Маркса, 12, Уфа, 450000, Россия, тел. (8-3472)23-79-67, факс (8-3472)23-77-17,
e-mail: elita@vmk.ugatu.ac.ru, anna@vmk.ugatu.ac.ru, smagin@ufanet.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ЗАДАЧИ ШТЕЙНЕРА НА БОЛЬШИХ РАЗРЕЖЕННЫХ ГРАФАХ

А. В. Панюков, Е. Б. Полуэктова

Для решения задачи Штейнера на больших разреженных графах представляется разумным топологический подход [1], заключающийся в поиске топологии оптимальной сети (бинарного дерева T, листьями которого являются все нетерминальные вершины и только они). В работе [2] предложен способ применения генетических алгоритмов для поиска топологии оптимальной сети Штейнера. В качестве оценки приспособляемости используется стоимость T-оптимальной сети. Аналогом хромосомы – представление топологии T в виде кода Прюфера, т.е. цепочки $A = \{a_1, a_2, \ldots, a_{2|Q|-4}\}$ из меток неразмещенных точек ветвления топологии T (генов), в которой a_i – метка вершины, являющейся предком вершины с меткой i. При этом терминальные вершины имеют постоянные метки $1, 2, \ldots, |Q|$, а метки точек ветвления – попарно различные числа множества $\{|Q|+1, |Q|+2, \ldots, 2|Q|-2\}$.

С целью получения эффективной программной реализации операторов кроссовера и мутации, представленных в докладе, на используемый код A налагается дополнительное требованию монотоннсти:

$$(\forall i \in \{1, 2, \ldots 2|Q|-4\})\,(\forall b \in \{|Q|+1, \ldots a_i - 1)\,(\exists j \in \{1, 2, \ldots i-1\} \;:\; a_j = b).$$

Отметим, что требование монотонности фактически определяет нумерацию вершин, соответствующую концевому порядку обхода дерева T, используемому алгоритмом T-оптимизации [1].

Одноточечный оператор скрещивания хромосом A и B дает следующий алгоритм. Случайным образом выберем индекс разрыва $k \in [1, 2, \ldots, 2|Q|-5]$. Родительские хромосомы $A(t), B(t)$ разобьем на две части по значению индекса k. Два генотипа потомков $\tilde{A}(t+1)$ и $\tilde{B}(t+1)$ получим путем присоединения к первой части хромосомы одного из родителей второй части хромосомы другого родителя. Окончательно хромосомы потомков $A(t+1)$ и $B(t+1)$ получаем после коррекции $\tilde{A}(t+1)$ и $\tilde{B}(t+1)$, состоящей в восстановлении свойств парности и монотонности.

В качестве оператора мутации может быть рассмотрена произвольная перестановка элементов (генов) в хромосоме. В результате данной операции будет получена цепочка, содержащая метки точек ветвления по два раза каждую, как и у потомка. Остается только изменить нумерацию точек ветвления, чтобы полученный код удовлетворял условию монотоннсти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панюков А. В., Пельцвергер Б. В., Шафир А. Ю. (1990) *Оптимальное размещение точек ветвления транспортной сети на цифровой модели местности* // Автоматика и телемеханика. - N 9. - 1990. - С. 153-162.

3. Полуэктова Е. Б. (2003) *Способ применения генетических алгоритмов для задачи Штейнера на графе* // Информационный бюллетень ассоциации математического программирования № 10. Научное издание. - Екатеринбург: УрО РАН. - 2003. - С. 202-203.

Панюков Анатолий Васильевич, Полуэктова Елена Борисовна
Южно-Уральский гос. университет, пр. Ленина, 76, 454080, Челябинск, Россия,
тел. (3512) 67-90-47, факс (3512) 67-90-47, e-mail: pav@susu.ac.ru

LOWER AND UPPER BOUNDS FOR THE BILEVEL LOCATION PROBLEM WITH USER PREFERENCES

P. Hansen, Yu. Kochetov, N. Mladenović

We consider the bilevel uncapacitated facility location problem with user preferences. It is known that this model may be reformulated as a single level location problem with some additional constraints [1]. In this paper we introduce a new reformulation and show that this reformulation dominates three previous ones from the point of view of their linear programming relaxations and may be worse than a reduction to the row selection problem for pairs of matrices [2]. However, this last reduction requires many additional variables and constraints. Computational experiments on random data instances [3] show that the new reformulation allows to find an optimal solution of the bilevel location problem considered faster than all previous approaches. In order to get upper bound we develop a variable neigborhood search algorithm. It uses flip and swap neighborhoods at the local improvement phase and Resende–Werneck technique to accelerate the search in the neighborhoods. Computational results and futher research directions are discussed.
The research of Yu. Kochetov is supported by RFBR grant 03–01–00455.

REFERENCES

1. Gorbachevskaya L. E.: (1998) *Polynomially solvable and NP-hard bilevel standardization problems,* Ph.D. Thesis, Sobolev Institute of Mathematics, Novosibirsk, 1998 (in Russian).
2. Beresnev V. L. (1979) *Algorithms for minimization of polynomials in Boolean variables.* Problemy Kibernetiki 36 (1979), P. 225-246 (in Russian).
3. Barahona F., Chudak F.: (2000) *Solving large scale uncapacitated facility location problems.* P. Pardalos (ed.) Approximation and complexity in numerical optimization. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA.

Pierre Hansen and Nenad Mladenović,
GERAD and Department of Quantitative Methods in Management,
HEC Montréal, Canada, phone: (1-514) 340-6052,
fax: (1-514) 340-5665, e-mail: Pierre.Hansen@gerad.ca, nenad@mi.sanu.ac.yu

Kochetov Yuri, Sobolev Institute of Mathematics,
pr. Akademika Koptyuga, 4, 630090, Novosibirsk, Russia,
phone: (8-383-2) 33-20-86, fax: (8-383-2) 32-25-98, e-mail: jkochet@math.nsc.ru