



МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.А. Верхотуров, Г.Н. Верхотурова

NO-FIT-POLYGON/POLYHEDRON - ОРИЕНТИРОВАННАЯ АДАПТАЦИЯ "МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА" ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕРЕГУЛЯРНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Аннотация

В статье рассматривается задача нерегулярного размещения геометрических объектов (ГО). Для ее решения применяется алгоритм "Муравьиной Колонии" (*Ant Colonies - AC*), адаптированный на базе применения *No-Fit-Polygon/Polyhedron(NFP)*. Приводятся алгоритмы.

1. Введение

Задача нерегулярного размещения геометрических объектов (*Irregular Cutting Stock Problem - ICSP*) формулируется следующим образом: необходимо разместить n объектов P_i в области Ω пространства R^2 (R^3) так, чтобы минимизировать незанятую область. Геометрические объекты должны быть размещены в области Ω таким образом, чтобы они не пересекались друг с другом и не выходили за границу области размещения.

Эта проблема, с точки зрения вычислительной сложности, относится к *NP* - трудным. Переборная сложность *NP* - трудных задач не позволяет находить их точное решение для большого числа объектов за приемлемое время даже при введении некоторых ограничений. Поэтому для решения практических задач применяются эвристические методы решения. Эти методы используются для поиска локальных оптимумов и организации некоторого перебора экстремальных значений функций цели для получения решений, близких к оптимальным, за приемлемое время.

Существует много разнообразных эвристических методов. Одному из них, классу алгоритмов "Муравьиной Колонии" (*AC*), посвящена данная статья.

2. Алгоритм "Муравьиной Колонии"

Алгоритм муравьиной колонии является одним из алгоритмов локального поиска. Он был предложен группой авторов A.Coloni, M.Dorigo, V.Maniezzo в 1991 году при моделировании муравьиной кучи [1, 2]. Известно, что муравьи фактически не имеют зрения, но способны каким-то образом находить крат-



чайший путь от источника пищи до муравейника. Двигаясь по местности, они оставляют за собой след в виде сильно пахнущего вещества - феромона. Именно запах позволяет муравьям ориентироваться на местности. При выборе направления с большей вероятностью выбирается направление с более сильным запахом.

Основная идея алгоритма *АС* состоит в реализации принципа коллективного разума. Для поиска экстремума целевой функции алгоритм использует параллельно несколько агентов (искусственных муравьев), которые в ходе поиска накапливают статистическую информацию. Эта информация аккумулируется в общедоступном банке данных и используется агентами независимо друг от друга. Каждый агент действует по правилам вероятностного алгоритма и при выборе направления ориентируется не только на приращение целевой функции, но и на статистическую информацию, отражающую предысторию коллективного поиска.

Метод *АС* является итеративным. На каждой его итерации определенное количество агентов строят допустимые решения задачи.

Среди этих решений выбирается часть наилучших по целевой функции, и в этой части отыскиваются повторяющиеся компоненты решений (например, дуги, вершины графа и т.п.).

Полученная информация запоминается и на следующих итерациях данные компоненты будут иметь большую вероятность войти в решение, чем это было на предыдущих итерациях.

Обозначим через p_i вероятность того, что i -ая компонента будет включена агентом в допустимое решение задачи, $p_i \in [p', p'']$.

Тогда классический алгоритм *АС* можно представить в следующем виде:

1. $p_i := p', F_{МК} := +\infty$
2. **while** Критерий окончания **do**
 - {
 - 2.1 Найти k допустимых решений x_1, x_2, \dots, x_k
 - 2.2 Выбрать l решений с наименьшими значениями целевой функции
 - 2.3 Найти в решениях повторяющиеся компоненты
 - 2.4 Увеличить значения p_i для этих компонент и уменьшить их для остальных компонент (старение информации)
 - 2.5 **if** $F_{МК} > \min_{j \leq l} F(x_j)$ **then**
 - {
 - 2.5.1 $F_{МК} := \min_{j \leq l} F(x_j)$
 - 2.5.2 Положить $p_i := p''$ для компонент нового рекорда
 - }
- }

Критерием остановки является либо предельное число итераций, либо требуемая точность.



Наилучшее из найденных решений, рекорд F_{MK} , является результатом работы алгоритма.

Если на шаге 2.5 проверки рекорда на минимальность происходит его смена, то с помощью вектора p все агенты направляются на исследование окрестности нового рекорда.

Шаг 2.4 служит для накопления статистической информации.

3. *NFP*-ориентированная адаптация метода "Муравьиной колонии" (*NFP-AC*)

Рассмотрим один из возможных вариантов адаптации алгоритма *AC* для *ICSP*, использующий аппарат моделирования «*No-Fit-Polygon*» (для *2D*) [3], «*No-Fit-Polyhedron*» (для *3D*) [4] и метод пообъектного размещения [5].

На начальном этапе формируется приоритетный список (ПС) по какому-то заданному критерию, например, по уменьшению площадей ГО.

Затем при помощи аппарата моделирования *NFP* генерируется карта раскроя - упаковки (Р-У) K_0 , являющаяся первым допустимым решением, которое собственно и является входной информацией для алгоритма, реализующего идеи метода *AC*.

Для выбора точки *NFP*, в которой будет размещен ГО, применяется локальная функция цели (ЛФЦ), в качестве которой может использоваться, например для *2D* – расстояние от левой границы листа до вершин *NFP*. Таким образом, будет выбираться точка *NFP* с минимальным значением ЛФЦ.

Для реализации метода *AC* необходимо определить следующие процедуры:

- механизм получения новых допустимых решений для каждого из агентов (способ перехода);
- отыскание повторяющихся компонентов.

Способ перехода

Каждый из k агентов характеризуется новым ПС, который формируется модификацией исходного ПС, например, случайным перемещением ГО или взаимозаменой двух случайных ГО в ПС.

Согласно каждого из k ПС генерируются карты Р-У K_i , которые характеризуются значением целевой функцией $C(K_i)$.

Повторяющиеся компоненты

Для отыскания повторяющихся компонентов решений вводится матрица $U = \|u_{ij}\|_{n \times n}$, каждый элемент которой u_{ij} характеризует качество размещения объекта p_i с объектом p_j . Величины u_{ij} могут вычисляться при помощи метода оценок [6].

Таким образом, повторяющимися считаются те компоненты, которые характеризуются большими значениями величин u_{ij} .

4. Заключение

В заключении можно сделать следующие выводы:



- разработана адаптация алгоритма муравьиной колонии *АС* для решения задач нерегулярного размещения ГО на базе аппарата построения *NFP*;
- в связи с тем, что операция *NFP* является для данного метода базовой и часто повторяемой процедурой, то она должна работать максимально надежно и быстро;
- в качестве способов перехода могут быть использованы более сложные операции по модификации ПС - введение возможности разворота ГО, перестановка и взаимозамена групп объектов и т.д.;
- предложенный подход позволяет использовать различные модификации всего класса «муравьиных алгоритмов» (*АС*, *Ant-Q*, *ACS*, *Max-Min AS* и т.д.[7-12]).

Литература

1. A. Colomi, M. Dorigo, V. Maniezzo, “Distributed Optimization by Ant Colonies” // Proceedings of the First European Conference on Artificial Life, Paris, France, Elsevier Publishing, pp.134-142, 1991.
2. M. Dorigo, “Ottimizzazione, apprendimento automatico, ed algoritmi basati su metafora naturale (Optimization, Learning, and Natural Algorithms)”, “Doctorate in Systems and Information Electronic Engineering”, Politecnico di Milano, 1992.
3. Jens Egeblad, Benny K. Nielsen, Allan Odgaard. Fast neighborhood search for two and three-dimensional nesting problems. European Journal of Operational Research 183 (2007), pp.1249–1266.
4. Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Ягудин Р.Р. Оптимизация размещения невыпуклых многогранников на основе динамической схемы определения *NFP* // Перспективные информационные технологии: Труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: издательство Самарского научного центра РАН, 2016. – С.52-55.
5. Верхотуров М.А. Задача нерегулярного размещения геометрических объектов: современное состояние методов решения // Ресурсосберегающие технологии. - СПб: ЦНИИТС.-2001.-С.33-56.
6. Верхотуров М.А. Задача нерегулярного раскроя плоских геометрических объектов: моделирование и расчет рационального раскроя// Информационные технологии, 2000, №5. С.37-42.
7. L. M. Gambardella, M. Dorigo, “Ant-Q: A Reinforcement Learning Approach to the Traveling Salesman Problem” // Twelfth International Conference on Machine Learning, Morgan Kaufmann, pp.252-260, 1995.
8. M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colomi, “The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents” // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B, 26, 1, pp.29-41, 1996.
9. M. Dorigo, L. M. Gambardella, Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem // IEEE Transactions on Evolutionary Computation Vol. 1, 1, pp.53-66, 1997.



10. T. Stützle, H. Hoos, "MAX-MIN Ant System and local search for the traveling salesman problem" // IEEE International Conference on Evolutionary Computation, pp.309-314, 1997.

11. Bernd Bullnheimer, Richard F. Hartl, Christine Strauß, "A new rank based version of the Ant System. A computational study" // Adaptive Information Systems and Modelling in Economics and Management Science, 1, 1997.

12. T. Stützle, M. López-Ibáñez, P. Pellegrini, M. Maur, M. de Oca, M. Birattari, Michael Maur, M. Dorigo, "Parameter Adaptation in Ant Colony Optimization" // Technical Report, IRIDIA, Université Libre de Bruxelles, 2010.

М.А. Верхотуров, Г.Н. Верхотурова, О.М. Верхотурова

NO-FIT-POLYGON/POLYHEDRON - ОРИЕНТИРОВАННАЯ АДАПТАЦИЯ МЕТОДА "МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТЖИГА" ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НЕРЕГУЛЯРНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Аннотация

В статье рассматривается задача нерегулярного размещения геометрических объектов (ГО). Для ее решения применяется метод "моделирование отжига" (*Simulated Annealing - SA*) и его модификации, адаптированные на базе применения *No-Fit-Polygon/Polyhedron(NFP)*. Приводятся алгоритмы.

1. Введение

Задача нерегулярного размещения геометрических объектов (*Irregular Cutting Stock Problem - ICSP*) является *NP* – трудной проблемой и не позволяет находить точное решение для большого числа объектов за приемлемое время даже при введении некоторых ограничений. Для решения практических задач применяются эвристические методы решения. Одному из них, методу "Моделирование отжига" (*SA*) и его модификациям, посвящена данная статья.

2. Метод "Моделирование Отжига"

Метод *SA* был предложен независимо друг от друга двумя авторами Киркпатриком (1983г.) [1] и Церни (1985г.) [2] как метод минимизации функции многих переменных.

Идея была взята из алгоритма Метрополиса (1953г.) [3], который предложил простой алгоритм моделирования процесса отжига.

Киркпатриком и Церни была проведена аналогия между процессом охлаждения и решением задачи комбинаторной оптимизации. Аналогия между основными понятиями физической системы и комбинаторной оптимизации приведена в следующей таблице (см.

Таблица 1).