УДК 681.3.001.63

Ю.О. Чернышев, А.Ю. Полуян

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО БИОНИЧЕСКОГО ПОИСКА*

В статье рассматривается использование методов сетевого планирования и параллельного бионического поиска для решения задачи о потоке минимальной стоимости. Предлагается разработанный автором для ее решения параллельный бионический алгоритм. На основе экспериментальных исследований приводятся сравнительные характеристики с существующими методами решения.

Граф; последовательный граф; бионический поиск; генетический алгоритм; генетический оператор; эволюционный алгоритм.

Y.O. Chernishev, A.U. Poluyan

THE DECISION OF A PROBLEM OF OPTIMIZATION ON THE BASIS OF PARALLEL BIONICS SEARCH

In clause use of methods of network planning and parallel bionics search for the decision of a problem on a stream of the minimal cost is considered. It is offered developed by the author for its decision parallel bionics algorithm. On the basis of experimental researches comparative characteristics with existing methods of the decision are resulted.

Columns; consecutive columns; bionics search; genetic algorithm; the genetic operator; evolutionary algorithm.

Введение. Разработка математического обеспечения автоматизированных систем управления (АСУ) включает создание оптимальных алгоритмов и программ по различным критериям. К их числу относятся оптимальное число алгоритмов, минимальное число ячеек памяти, отводимой под программу, минимальное число связей между сегментами программы и др. Для решения данного куга задач предлагается применение методов сетевого планирования.

Моделирование сетевой задачи. Построим графовую модель алгоритма. Для этого сопоставим i-й вершине графа функциональный оператор A_i. Вершину i построенного графа соединим дугой с вершиной j тогда и только тогда, когда результат работы оператора A_i есть один из аргументов для оператора A_j. Каждой дуге графа сопоставим некоторый вес, интерпретирующий, например, время выполнения данного оператора или объем памяти, затрачиваемой на работу этого оператора. На входе i-й вершины проставим исходные данные, на выходе – промежуточные (результат работы оператора) A_i. На полученном функциональном графе укажем основные связи по управлению. Таким образом, получим взвешенный ориентированный циклический граф. Поскольку в процессе решения оптимальных задач на полученном графе гораздо удобнее использовать ациклическую модель, исходный циклический граф представим в ациклической эквивалентной форме. Графы предполагаются эквивалентными в смысле однозначности интерпретируемых ими соответственно алгоритмов с сохранением исходной информации.

В работе [2] приведен метод развертки циклических участков программы (подграфов) в ациклические. Выделяются типовые циклические подграфы (интерпретирующие почти все встречающиеся случаи циклических подпрограмм), допускающие формализованное устранение циклов. Для каждого из этих подграфов показывается, как нужно трансформировать веса вершин в топологию графа, чтобы

* Работа выполнена при поддержке: г/б 1.04.01, г/б № 2.1.2.1652.

прийти к ациклическим подграфам. Вычислительная сложность алгоритма O(GN), где G – некоторая константа.

Задачу получения ациклического графа можно поставить в терминах целочисленного линейного программирования как задачу о покрытии, которую, в случае унимодулярности соответствующей матрицы ограничений, можно свести к сетевой задаче (задаче о потоке минимальной стоимости) [1].

На основании методики, изложенной в работе [1], преобразуем полученный ациклический граф к последовательному, т.е. графу, удовлетворяющему трем свойствам:

- граф обладает порядковой функцией F(x) со значениями 0,1,…,n , где n – количество слоев, на которые разбит граф;
- вершины, находящиеся в одном слое, не инциденты друг другу;
- количество дуг, исходящих из слоя C_i, i=1,…, n, совпадает с количеством дуг, входящих в слой C_{i+1}, i=1,…, n, причем в слой C_i могут входить лишь дуги из слоев C_k с номерами $k<i$, k=1, 2, …, i-1.

Составим матрицу смежности $\left\| a_{ij} \right\|_{nn}$ и припишем в качестве (n+1)-го столбца вектор-столбец, координаты которого вычисляются следующим образом:

$$a_{i,n+1} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \ , \qquad (1)$$

где i = 1,…, n.

Очевидно, что, если k-я координата вектора-столбца $a_{i,n+1}$ равна нулю, то вершина k не имеет дуг, исходящих из нее. Все такие вершины образуют 1-й слой, а множеству этих вершин будет соответствовать значение порядковой функции F(x), равное единице.

Затем находим координаты вектора-столбца $a_{i,n+2}$ по формуле:

$$a_{i,n+2} = a_{i,n+1} - \sum_{j=j_1}^{j_5} a_{ij} \ , \qquad (2)$$

где i = 1,…, n, j_1, j_2, …, j_s составляют 1-й слой.

Определяем нулевые координаты вектора-столбца $a_{i,n+2}$, а соответствующие им вершины составят 2-й слой. Множеству этих вершин будет соответствовать значение порядковой функции F(x), равное 2. Аналогично вычисляем векторы $a_{i.n+3}, a_{i.n+4},..., a_{i,n+l}$, $l \le n$ и получаем соответствующие слои 3, 4, …, l.

Присвоим найденным слоям значение F(x), равное соответственно 3, 4, …, l. На l-ом шаге получаем вектор-столбец, состоящий из одних нулей, что соответствует отсутствию исходящих дуг из слоя l.

Приводим граф к последовательному виду.

Исходя из матрицы смежности $\left\| a_{ij} \right\|_{nn}$ и построенной порядковой функции F(x), вводим фиктивные вершины и дуги следующим образом.

Пусть $a_{ij} = 1$, т.е. вершина i связана с вершиной j дугой веса w, направленной от i к j, причем вершине i соответствует значение порядковой функции, равное m_1, а вершине – j-значение F(x), равное m_p ($m_1<m_p$). Тогда во все слои m_k, $m_1<m_k<m_p$, k = 2, …, p-1 введем фиктивные вершины нулевого веса, соединим их последовательно

между собой, присвоив им нулевой вес. Вершину (фиктивную) в слое m_2 соединим с вершиной *i*, а вершину в слое m_{p-1} – с вершиной *j*, присвоив первой дуге вес, равный *w*, а второй – нулевой. Если вершинам *i* и *j* соответствуют значения порядковой функции F(x), отличающиеся на единицу, то фиктивные вершины и дуги не вводятся.

Зная матрицу $\left\| a_{ij} \right\|_{nn}$ и порядковую функцию F(x), несложно вычислить количество фиктивных дуг по формуле:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \left| F(i) - F(j) - 1 \right|, \tag{3}$$

где Ф – число фиктивных вершин; F(x) – значение порядковой функции, соответствующие вершине x в последовательном графе.

В полученном графе введем еще две вершины: источник H и сток S, а также дуги, соединяющие H с вершинами первого слоя, а S – с вершинами последнего. В результате получаем сеть с одним источником и одним стоком. Оптимизация этой сети производится как известными классическими методами, так и методами бионического поиска.

Бионический алгоритм. В полученном последовательном графе, разбиваем двудольный граф на два подграфа, для которых задача оптимизации решается на основе метода Форда и из которых формируются начальные решения (подпопуляции A1 и A2). На основании вышесказанного, для повышения скорости работы бионического алгоритма и улучшения качества получаемых решений, используется распараллеливание. На рис. 1 предложена схема параллельного бионического алгоритма на основе эволюционного поиска, для решения задачи о потоке минимальной стоимости. В данной схеме используются идеи совместной эволюции, выбор моделей эволюции (использование микро-, макро-, метаэволюции), адаптации к внешней среде, активное взаимодействие с внешней средой, иерархическое управление генетическим и эволюционным поиском, локальный поиск решений и применение всех модифицированных генетических операторов на основе жадной стратегии и поисковых методов.

На рис. 1 БП1, БП2 – бионические поиски для частей популяций, которые развиваются параллельно и независимо. На каком-то этапе работы происходит обмен частью особей между частями подпопуляций на основе модифицированного оператора мутации. И так может продолжаться до завершения работы алгоритма.

Рассмотрим работу бионического поиска (БП1 и БП2) подробнее:

1. Ввод граничных условий и принципа оптимальности; вычисление значений ЦФ для A1, A2.

2. Проверка подпопуляций на условие попадания в локальный оптимум, если условие выполняется, то переход к п. 6, в противном случае осуществляется выполнение действий из п. 3.

3. Реализация генетического поиска (ГП), выполнение работы всех модифицированных генетических операторов.

4. Определение критерия останова ГП – число итераций модифицированных ГА. В том случае, если критерий достигнут, осуществляется переход к эволюционному поиску (ЭП).

5. Реализация оператора миграции, формирование новой популяции с учетом оптимальных решений, полученных на этапе ГП.

6. Моделирование эволюционного поиска в зависимости от входных параметров (выбор стратегии выполнения оператора мутации).

7. Определение критерия останова ЭП – число итераций модифицированных ОМ. В том случае, если критерий достигнут, осуществляется переход к моделированию ГП или вывод оптимального решения.

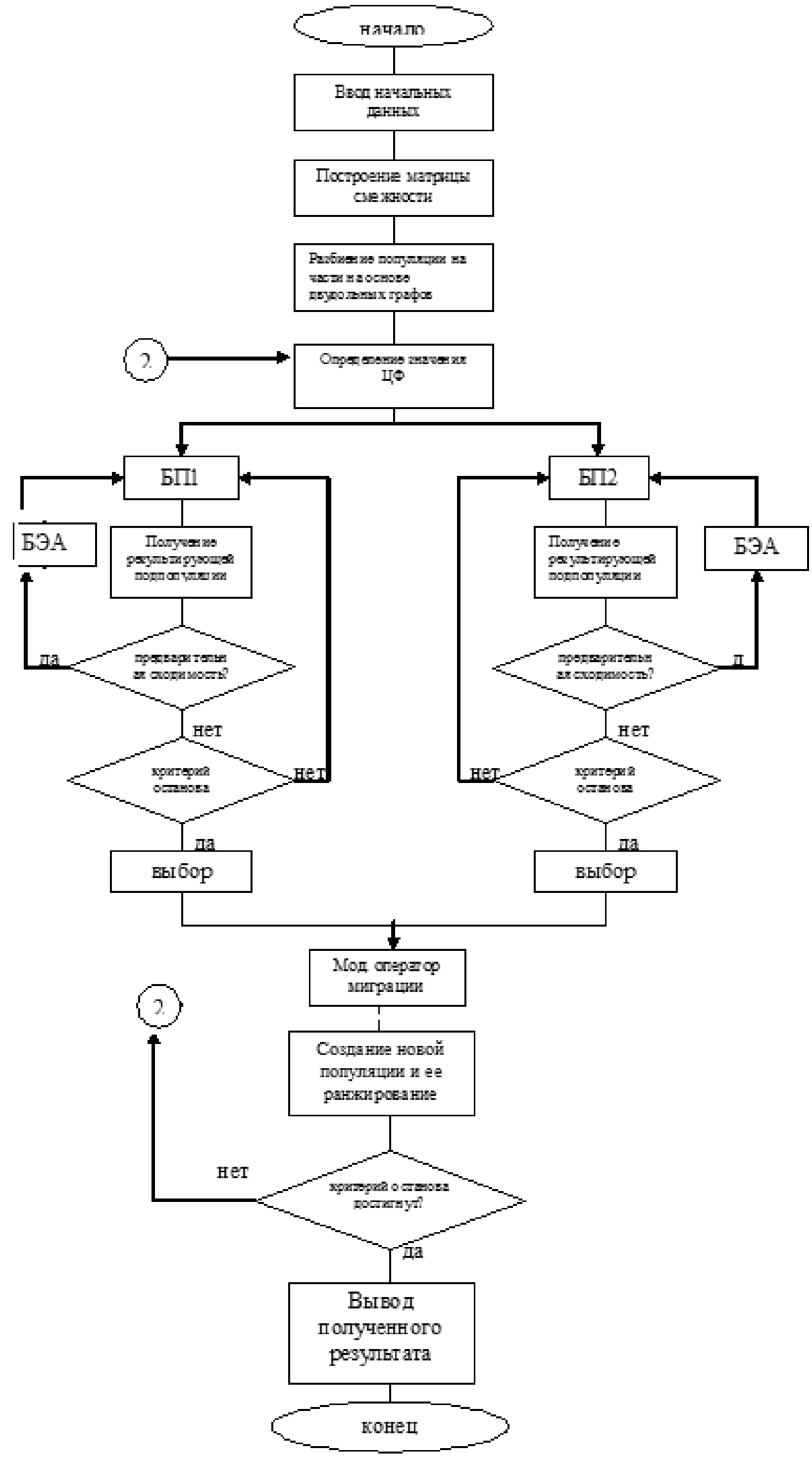

Рис. 1. Схема параллельного бионического алгоритма для решения задачи о потоке минимальной стоимости

8. Реализация оператора миграции, формирование новой популяции с учетом оптимальных решений, полученных на этапе ЭП.

9. Сортировка всей популяции, вычисление ЦФ популяции.

10. Оценка всей популяции.

11. Реализация оператора редукции, формирование новой популяции с учетом оптимальных решений.

12. Проверка на предварительную сходимость, в случае выполнения условия, ко всей популяции применится блок адаптации, иначе переход к п.13.

13. Определение критерия останова БА – число итераций и/или время работы алгоритма.

Временная сложность предложенного алгоритма зависит от сложности генетических операторов, длины хромосом, размера популяции, количества генераций, сложности локального поиска и составляет от $o(n^2)$ до $o(n^3)$.

Заключение. На основе полученных экспериментальных данных параллельные бионические алгоритмы (ПБА) для решения задачи о потоке минимальной стоимости, показали преимущество по сравнению с существующими методами, позволяет находить оптимальные параметры и повысить качество решений ориентировочно на 10%–15%. Как видно из рис. 2, при количестве вершин графа n >100, ПБА позволяет получить лучшие решения в сравнении с простым генетическим алгоритмом (ПГА) и алгоритмом Флойда (АФ) [3].

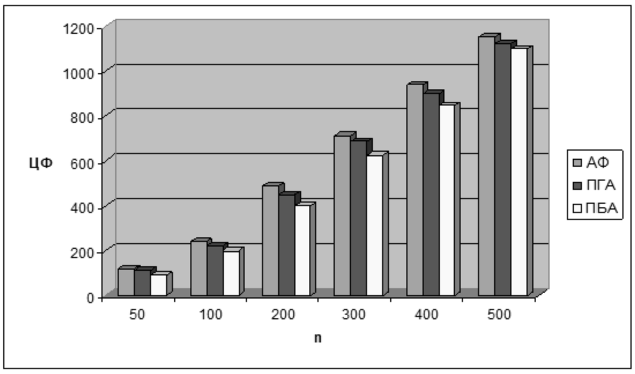

Рис. 2. Результат работы алгоритмов для задачи о потоке минимальной стоимости

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чернышев Ю.О. Остроух Е.Н.* Решение задачи оптимизации алгоритмов сетевыми методами // Электроника и моделирование. – К.: Наукова думка, 1977, № 15.
2. Отладка систем управляющих алгоритмов. ЦВМ реального времени / Под ред. проф. Липаева В.В. – М.: Сов. радио, 1974.
3. *Форд Л., Фалкерсон Д.* Потоки в сетях. – М.: Мир, 1966.

Чернышев Юрий Олегович

Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения (РГАСХМ).

E-mail: pmivt@rgashm.ru.

344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1.

Тел.: 8(863)258-91-36.

Кафедра прикладной математики и вычислительной техники.

Заведующий кафедрой; профессор.

Полуян Анна Юрьевна
Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения (РГАСХМ).
E-mail: pmivt@rgashm.ru.
344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1.
Тел.: 8(863)258-91-36.
Кафедра прикладной математики и вычислительной техники; старший преподаватель.

Chernishev Yriy Olegovich
Rostov-on-Don State Agricutural Engineering Academy.
E-mail: pmivt@rgashm.ru.
1, Strani Sovetov street, Rostov-on-Don, 344023, Russia.
Phone: 8(863)258-91-36.
Applied Mathematics and Computer Facilities.
Head chair; professor.

Poluyan Anna Urievna
Rostov-on-Don State Agricutural Engineering Academy.
E-mail: pmivt@rgashm.ru.
1, Strana Sovetov Street, Rostov-on-Don, 344023, Russia.
Phone: 8(863)258-91-36.
Applied Mathematics and Computer Facilities; senior teacher.

УДК 519.7:004.8 + 004.8.023; 004.81.85

С.И. Родзин

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ПОИСКЕ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ*

В статье рассматривается базовый цикл алгоритмов эволюционных вычислений. Предлагаются различные способы организации параллелизма: глобальный, миграционный, диффузионный. Приведены рекомендации по распараллеливанию операторов базового цикла эволюционных вычислений.

Эволюционные вычисления; параллелизм; репродукция; селекция.

S.I. Rodzin

PARALLEL EVOLUTIONARY CALCULATIONS FOR THE SEARCH AND OPTIMIZATION DESIGN APPROACH

This article discusses the basic cycle of evolutionary algorithms for computing. Different ways of parallelism: a global, migration, diffusion. We give recommendations on the parallelization of operators basic cycle of evolutionary computation.

Evolutionary computation; parallelism; reproduction; selection.

Введение. Невозможно отрицать роль и значение параллельных вычислений и распределенных ресурсов в недетерминированных моделях интеллектуальных систем. Интеллектуальные САПР являются разновидностью интеллектуальных систем. За счет массового параллелизма интеллектуальные САПР могут обеспечить сокращение сроков проектирования, повысить аппаратно-программную на-

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 09-07-00318), г/б № 2.1.2.1652.