

Разнообразие конструктивно-технологических методов создания сверх больших интегральных схем обусловлено стремлением не только улучшить их технико-экономические показатели, но и достичь общих целей: минимизировать длительность процесса проектирования, обеспечить проектирование сверх больших интегральных схем высокой сложности, повысить качество проектирования (главным образом, безошибочность) [3].

Нечеткие системы позволяют решать задачи оптимальности с нечеткими или не точными параметрами, находя решение наиболее оптимальное для данной задачи. Применение нечетких систем в современных средствах проектирования, с их помощью в различных отраслях промышленности производительность труда при выполнении проектных работ удалось повысить в несколько десятков раз.

Нечеткие генетические алгоритмы с успехом применяют в современных средствах автоматизации проектирования изделий электронной техники, которая содержит сложнейшие электронные системы, содержащие миллионы электронных компонентов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Генетические алгоритмы / Под ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2006.
2. *Ярушкина Н.Г.* Основы теории нечетких и гибридных систем // Ярушкина Н.Г. – М.: Финансы и статистика, 2004.
3. *Herrera F., Lozano M.* Fuzzy Adaptive Genetic Algorithms: design, taxonomy, and future directions. // *Soft Computing* 7(2003), Springer-Verlag, 2003. – P.p. 545-562.

УДК 519.8

**Р.В. Потарусов**

#### **ГИБРИДНЫЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГРУППИРУЮЩИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ БЛОКОВ\***

**Введение.** Задача упаковки блоков (Bin Packing Problem (BPP)) – хорошо известная NP-сложная комбинаторная оптимизационная задача. Цель BPP - скомбинировать (упаковать) элементы в блоки определенного объема так, чтобы минимизировать общее количество блоков [1, 3, 5-7]. BPP является NP-полной задачей.

BPP моделирует различные практические задачи в области САПР, например [3]: форматирование таблиц, постраничное разбиение, размещение файлов.

В данной работе предложен Гибридный Параллельный Группирующий Генетический Алгоритм (ГПГГА). Экспериментальные результаты показали, что разработанный алгоритм способен на большинстве сложных экземпляров BPP получать решения того же качества, что и лучшие известные алгоритмы решения задачи упаковки блоков.

**1. Формулировка задачи.** BPP описывается следующим образом [1, 3, 5-10]. Дан определенный набор элементов  $I=\{i_1, \dots, i_n\}$ ,  $|I| = n$  с весами  $W=\{w_1, \dots, w_j\}$ ,  $|W| = j$ , такими, что  $0 \leq w_i \leq c$ , где  $c$  – объем каждого блока и набор блоков

---

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 06-01-00272, № 08-01-00473), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238.

$V = \{b_1, \dots, b_N\}$ ,  $|V| = N$ . Разбить  $V$  на  $N$  подмножеств так, чтобы сумма весов в каждом подмножестве была максимум  $c$  и  $N$  было минимальным.

**2. Целевая функция.** Целевая функция (ЦФ) описывается следующим образом [2, 3, 6, 7, 9]:

Максимизировать:

$$f_{BPP} = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i / c)^k}{N},$$

где  $N$  – количество блоков, используемых для решения,  $S_i$  – сумма весов элементов в блоке  $I$  (заполненность блока),  $c$  – объем блока,  $k$  – константа,  $k = 2$ .

### 3. Гибридный Параллельный Группирующий Генетический Алгоритм.

#### 3.1. Общая процедура ГПГГА.

1. Генерация начальной популяции случайным образом.

2. Разделение начальной популяции на две равные части (подпопуляции).

*Для каждой из подпопуляций:*

1) оценить хромосомы в соответствии с ЦФ. Если критерий останова достигнут, закончить и перейти к шагу 3;

2) выполнить миграцию хромосом в другую подпопуляцию;

3) применить модель эволюции Дарвина (или Ламарка) ко всем хромосомам в подпопуляции;

4) выполнить соответствующий ОК к хромосомам в подпопуляции с вероятностью  $P_C$ ;

5) применить оператор мутации к случайно выбранным хромосомам с вероятностью  $P_M$ ;

6) применить оператор случайной транспозиции к худшим хромосомам с вероятностью  $P_T$ ;

7) выполнить соответствующую процедуру локального поиска для повышения качества решения.

8) редукция новой подпопуляции (производится «естественный отбор» - выживают сильнейшие индивидуумы) в соответствии со значениями ЦФ полученных хромосом. На этом шаге одна генерация ГПГГА завершена, т.е. новая подпопуляция создана. Переход к шагу 1.

*Пока не достигнут критерий останова. Критерий останова есть фиксированное число генераций или теоретическое количество использованных блоков = сумма весов всех элементов/объем блока.*

3. Конец работы алгоритма.

**3.2. Кодировка решений, используемая в ГПГГА.** Используемая кодировка решений задачи упаковки блоков описана в [13]. Следует лишь добавить, что генетические операторы в предлагаемом алгоритме не работают с той частью альтернативного решения, где расположены блоки, упакованные на 100%. Эта часть называется функциональной частью хромосомы (альтернативного решения задачи упаковки).

**3.3. Генетические операторы.** Используемые в ГПГГА оператор кроссинговера по методу дихотомии и оператор кроссинговера по методу золотого сечения, а также оператор направленной мутации и оператор случайной транспозиции описаны в [7].

#### 3.4. Особенности предложенного алгоритма:

- ♦ новая архитектура гибридного генетического поиска с миграцией;

- ◆ модифицированные операторы кроссинговера;
- ◆ оператор направленной мутации;
- ◆ оператор случайной транспозиции, которые ранее никогда не использовались для решения ВРР.

**4. Экспериментальные результаты.** Для оценки предложенного алгоритма ГППГА был протестирован на самых сложных экземплярах задачи упаковки блоков. Таблица показывает название экземпляра задачи упаковки блоков (**Экземпляр ВРР**), количество блоков, потребовавшихся для решения данной задачи при помощи ГППГА (**ГППГА, Количество блоков**) и количество блоков в лучшем решении, полученном наиболее эффективными известными алгоритмами (**Лучшее решение, количество блоков**). Только в двух случаях (экземпляры Hard2 и Hard3) ГППГА был менее успешным, чем самые лучшие существующие алгоритмы решения ВРР. Разница между полученными решениями составила всего 1 блок, что говорит о высокой эффективности применения разработанного алгоритма для решения рассматриваемой задачи.

Таблица

Экспериментальные результаты

Экземпляр ВРР	ГППГА, Количество блоков	Лучшее решение, количество блоков
Hard0	56	56
Hard1	57	57
Hard2	57	56
Hard3	56	55
Hard4	57	57
Hard5	56	56
Hard6	57	57
Hard7	55	55
Hard8	57	57
Hard9	56	56

**Заключение.** Эксперименты показали, что:

- ◆ При турнирной селекции размером 8 ГППГА дал более худшие результаты, чем при селекции на основе рулетки для вероятности операторов кроссинговера - 0.99, мутации – 0.1, а транспозиции – 0.5.
- ◆ Качество получаемых решений зависит от числа генераций, которое было установлено в 70, размер популяции – в 100, а также от применения итеративного локального поиска.
- ◆ При параметрах, указанных выше, достигнута наилучшая сходимость ГППГА.

Дальнейшими направлениями исследований могут быть следующие:

- ◆ Разработка и использование более сложных архитектур гибридного генетического поиска.
- ◆ Разработка новых операторов мутации, транспозиции, сегрегации и других операторов.
- ◆ Тестирование каждого оператора на выживание хромосом после его работы.
- ◆ Тестирование ГППГА на производительность на других известных экземплярах ВРР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *S. Martello, P. Toth. Knapsacks problems: algorithms and computer implementations. Chichester/England: John Wiley and sons Ltd, 1990.*
2. *Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: Физматлит, 2003.*
3. *E. Falkenauer. Genetic Algorithms and Grouping Problems, Wiley, Chichester, 1998.*
4. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. Под ред. В.М. Курейчика. – Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат», 2004. – 400 с.*
5. *A.R Brown. Optimal Packing and Depletion. American Elsevier, New York, 1971.*
6. *Потарусов Р.В., Курейчик В.М. Проблема одномерной упаковки элементов // Известия ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, №8, 2006. – С. 88-93.*
7. *Потарусов Р.В., Курейчик В.М. Модифицированные генетические алгоритмы // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте», 28-30 мая, Коломна, 2007.*
8. *J. Levine, F. Ducatelle. Ant Colony Optimization and Local Search for Bin Packing and Cutting Stock Problems. - Centre for Intelligent Systems and their Applications, School of Informatics, University of Edinburgh, 2003.*
9. *E. Falkenauer. A hybrid grouping genetic algorithm for bin packing. Journal of Heuristics, 2:5–30, 1996.*
10. *C. Reeves. Hybrid genetic algorithms for bin-packing and related problems. Annals of Operations Research, 63:371–396, 1996.*
11. *M. Vink. Solving combinatorial problems using evolutionary algorithms, 1997. Available from <http://citeseer.nj.nec.com/vink97solving.html>.*
12. *F. Vanderbeck. Computational study of a column generation algorithm for bin-packing and cutting stock problems, Math. Programming A 86(1999) 565–594.*
13. *R. Potarusev, V. Kureychik, G. Goncalves, H. Allaoui. Solving the Bin Packing Problem with Algorithm of Genetic Search with Migration // Сборник трудов Международных научно-технических конференций «AIS'07», «CAD'07». – М.: Физматлит, 2007, – С. 34-45.*

УДК 004.023

Т.С. Емельянова

**ОБ ОДНОМ ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ВРЕМЕНИ\***

**Введение.** Данная статья посвящена новому генетическому алгоритму (ГА) решения транспортных задач (ТЗ) с ограничениями по времени (VRPTW –vehicle routing problems with time windows) [1]. Транспортные задачи или задачи маршрутизации транспортных средств возникают в различных областях деятельности человека: доставка товаров от поставщика к клиенту, доставка сырья на производство, сбор промышленных отходов, почтовая доставка и т.д. Так как цена перевозки различного рода товаров явно или не явно присутствует в их стоимости, то сокращение транспортных расходов является важной и насущной экономической задачей. Целью решения всех ТЗ является составление маршрутов транспортных средств минимальных по ценовым затратам. ТЗ с ограничением по времени являются подклассом ТЗ, в них учитывается время, в течение которого должен быть обслужен клиент. Являясь более сложными по постановке, данные задачи более полно описывают реальный процесс, т.к. во многих практических задачах доставки товаров время прибытия к клиенту и время обслуживания клиента играют существ-

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 07-01-00174), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238, г/б № Т.1.04.01, г/б № Т.12.8.08