

САМОАДАПТАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Брестер К.Ю.

научный руководитель д-р техн. наук Семенкин Е.С.

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М. Ф. Решетнева

При решении оптимизационных задач, для которых классические методы являются неприменимыми, предпочтение отдается эволюционным, а именно генетическим, алгоритмам (ГА).

Для решения задач многокритериальной оптимизации применяется метод SPEA (Zitzler, Thiele), основанный на идее Парето-доминирования. Результатом его работы является множество точек – аппроксимация паретовского множества. Приведем схему метода:

1. Инициализировать начальную популяцию P_0 .
2. Скопировать в промежуточное внешнее множество индивидов, чьи векторы решений недоминируемы относительно P_t .
3. Удалить из промежуточного внешнего множества (\bar{P}') индивидов, доминируемых относительно \bar{P}' .
4. Если мощность \bar{P}' больше заданного значения, то применить механизм кластеризации.
5. Сформировать внешнее множество из индивидов \bar{P}' .
6. Применить генетические операторы: селекция, скрещивание, мутация.
7. Проверить выполнение критерия останова: если выполняется – завершить работу алгоритма, иначе – перейти к п. 2.

На шаге 6 требуется настройка генетических операторов: необходимо выбрать один из вариантов скрещивания, определить вероятность мутации. В данном методе применяется турнирная селекция, причем отбор индивидов производится не только из текущей популяции, но и из внешнего множества.

Известно, что результат работы ГА зависит от выбора вариантов генетических операторов, поэтому целесообразно применение механизмов самоадаптации к стандартному методу SPEA для обеспечения гарантированного уровня эффективности работы алгоритма.

В статье Дариди предложен следующий вариант адаптивной мутации:

$$p_m = \frac{1}{240} + \frac{0.11375}{2^t}, \quad (1)$$

где t – номер текущего поколения, для которого рассчитывается вероятность мутации.

Идеи коэволюционного ГА были применены для реализации адаптивного оператора скрещивания. На каждом поколении генерирование новой популяции осуществляется всеми типами скрещивания: вариантам оператора выделяются ресурсы (доля индивидов популяции, генерируемых конкретным типом скрещивания на текущем поколении) в зависимости от числа индивидов во внешнем множестве, сгенерированных при помощи данного варианта скрещивания:

$$b_i = \frac{p_i}{|\bar{P}'|} \Big/ \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

где p_i – число индивидов во внешнем множестве, сгенерированных i -ым типом оператора скрещивания, $|\bar{P}'|$ – мощность внешнего множества, n_i – число индивидов в

текущей популяции, сгенерированных i -ым типом оператора, N – мощность популяции.

Для каждого варианта оператора скрещивания вычисляется «пригодность» q_i по формуле:

$$q_i = \sum_{k=0}^{T-1} \frac{T-k}{k+1} b_i, \quad (3)$$

где T – интервал адаптации, $k = 0$ соответствует последнему поколению в интервале адаптации, $k = 1$ – предыдущему и т.д.

Через каждые T поколений осуществляется попарное сравнение «пригодности» вариантов скрещивания с целью перераспределения ресурсов:

$$s_i = \begin{cases} 0, & \text{if } n_i \leq \text{social_card} \\ \text{int} \left(\frac{n_i - \text{social_card}}{h_i} \right), & \text{if } (n_i - h_i \cdot \text{penalty}) \leq \text{social_card} \\ \text{penalty}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

где s_i – размер ресурса, отдаваемый i -ым алгоритмом каждому победившему у него алгоритму, h_i – число поражений алгоритма в попарных сравнениях, social_card – минимально допустимый размер популяции, penalty – размер штрафа для проигравших алгоритмов.

Данные механизмы самоадаптации были применены к схеме «стандартного» метода SPEA. Для сравнения эффективности алгоритмов и работоспособности программной системы, реализующей «стандартный» и адаптивный методы SPEA, использовались предложенные в научной среде тестовые задачи с оптимизируемыми критериями тридцати переменных.

Результат работы алгоритма оценивался метрикой IGD :

$$IGD(A, P^*) = \frac{\sum_{v \in P^*} d(v, A)}{|P^*|}, \quad (5)$$

где P^* – фронт Парето, A – аппроксимация фронта Парето (результат работы алгоритма), v – точка фронта Парето, $d(v, A)$ – минимальное расстояние между точкой $v \in P^*$ и множеством A , вычисленное по евклидовой метрике.

Тестирование проводилось для различных комбинаций типов операторов, результат усреднялся по тридцати прогонам. При выделенном количестве ресурсов (число вычислений функции не более 300 тыс.) доля просматриваемого поискового пространства не превышала $\frac{3 \cdot 10^5}{1024^{30}}$. Значения параметров: $T = 10$, $\text{social_card} = 50$, $\text{penalty} = 10$. В таблице 1 приведены полученные результаты:

Таблица 1 – Результаты тестирования адаптивного ГА

Номер тестовой задачи	Значение метрики IGD	Число поражений «стандартному» SPEA
1	0,10579	2
2	0,04160	3
3	0,0049	1
4	0,04493	2
5	0,34105	2
6	0,0088	2
7	0,11738	1

Анализ полученных результатов показал, что эффективность реализованного адаптивного метода SPEA соответствует уровню выше «среднего» ГА многокритериальной оптимизации. (Количество поражений «среднего» алгоритма – 4, 5 или 6 при числе различных комбинаций генетических операторов равном 9). Это значит, что, отказавшись от настройки параметров, можно обеспечить гарантированный уровень эффективности алгоритма против выбора последних наугад.