

УДК 519.681

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СКРЕЩИВАНИЯ ЭПОХ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СХОДИМОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

А. С. Моисеенко,

аспирант

В. А. Матьяш,

канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Рассмотрено применение генетических алгоритмов к эвристической задаче оптимизации расписаний. Анализируется проблема сходимости генетического алгоритма, предложен метод улучшения приспособленности поколений за счет применения так называемых алгоритмов скрещивания эпох.

Введение

Генетический алгоритм (ГА) представляет собой эвристический метод поиска глобального экстремума сложных многокритериальных функций, использующий механизмы кроссовера и мутации, лежащие в основе биологической эволюции. В качестве проблемной области рассмотрим задачу оптимизации расписаний.

Задача оптимизации расписаний, будь то составление графиков работы персонала на производстве, расписания движения поездов или занятий в учебных заведениях, является многопараметрической.

При поиске наилучшего расписания занятий критериями оптимизации являются в основном интересы групп и преподавателей, для которых составляется система штрафных баллов, позволяющая оценить каждый недостаток расписания по определенной шкале.

Система штрафов

Система штрафов представляет собой механизм, позволяющий регулировать процесс оптимизации. Варьируя значения критериев оптимизации в зависимости от точки зрения, можно получать расписание, удовлетворяющее тем или иным параметрам в большей или меньшей степени (в таблице представлен список критериев, используемый в реализованной программной системе).

Приспособленность варианта расписания, в нашем случае, обратно пропорциональна его весу. *А вес*, или *фитнес-функция*, — не что иное, как сумма штрафов, рассчитываемая для каждой группы и преподавателя по таблице штрафов.

Сравнение методов селекции, используемых в ГА

Эволюция особей, получаемых с использованием как классического ГА, так и его модификаций, в конечном итоге ведет к тому, что приспособленность популяций сходится к некоторому среднему значению.

В качестве примера можно рассмотреть процесс формирования семи поколений расписания, основанный на рулеточном методе селекции (реализованном по аналогии с природным механизмом селекции [1] — вероятность участия особи в производстве потомства прямо пропорциональна ее приспособленности).

Пусть имеется некоторое стартовое поколение из семи особей (поколение 1) с разной приспособленностью. Все остальные поколения будут прямыми или косвенными его наследниками. Несмотря на то что во втором по счету поколении была получена особь (20,333), приближенная по своей приспособленности к лучшей особи стартового поколения, среднее значение фитнес-функции является примерно тем же (рис. 1, а). В целом приспособленность популяций, получаемых с использованием метода рулетки, рано или поздно сходится к некоторому неплохому значению.

Если создавать популяции независимо друг от друга, то они будут сходиться к разным значениям, совершенствуя одни и те же или разные характеристики. Теоретически их смешивание должно привести к получению особей, обладающих преимуществами таких популяций. Чтобы проверить это предположение, создадим для скрещивания несколько популяций, используя два различных

№	Критерий	Штраф, балл
<i>Штрафы, начисляемые за недостатки в расписании групп</i>		
1	Не предусмотрено время переезда между корпусами	67
2	За переезд между корпусами в имеющемся для этого «окне»	20
3	За «окно»	8
4	За «полуокно» — по четной или нечетной неделе (половина от штрафа за «окно»)	4
5	За каждое «окно» сверх одного	33
6	Пустая пара в начале дня	2
7	Последний день является рабочим	4
8	За каждую недостающую пару до минимального числа пар в день	6
9	За каждую лишнюю пару сверх максимального числа пар в день	6
10	За 2 занятия по одной и той же дисциплине в течение дня	4
11	За 3 занятия по одной и той же дисциплине в течение дня	10
12	За каждое занятие сверх имеющихся трех по той же дисциплине в течение дня	67
<i>Штрафы, начисляемые за недостатки в расписании преподавателей</i>		
13	Не предусмотрено время переезда между корпусами	67
14	За переезд между корпусами в имеющемся для этого «окне»	20
15	За каждую лишнюю пару сверх максимального числа пар в день	6
16	За наличие пар на выходных	4
17	За «полуокно» — по четной или нечетной неделе (половина от штрафа за «окно»)	4
18	За каждое «окно» сверх одного	33
<i>Общие штрафы</i>		
19	Непопадание одного занятия в сетку расписания	67

метода селекции: турнирный детерминированный и турнирный случайный.

При турнирном подходе [1] все особи популяции разбиваются на подгруппы с последующим выбором из них особи с наилучшей приспособленностью. Каждая подгруппа включает в себя некоторое количество особей с наилучшей приспособленностью в популяции по конкретному критерию. Количество подгрупп соответствует количеству критериев оптимизации. Различают два способа такого выбора: детерминированный (рис. 1, б) — из подгрупп выбираются самые приспособленные особи; случайный (рис. 1, в) — особи из подгрупп выбираются случайным образом.

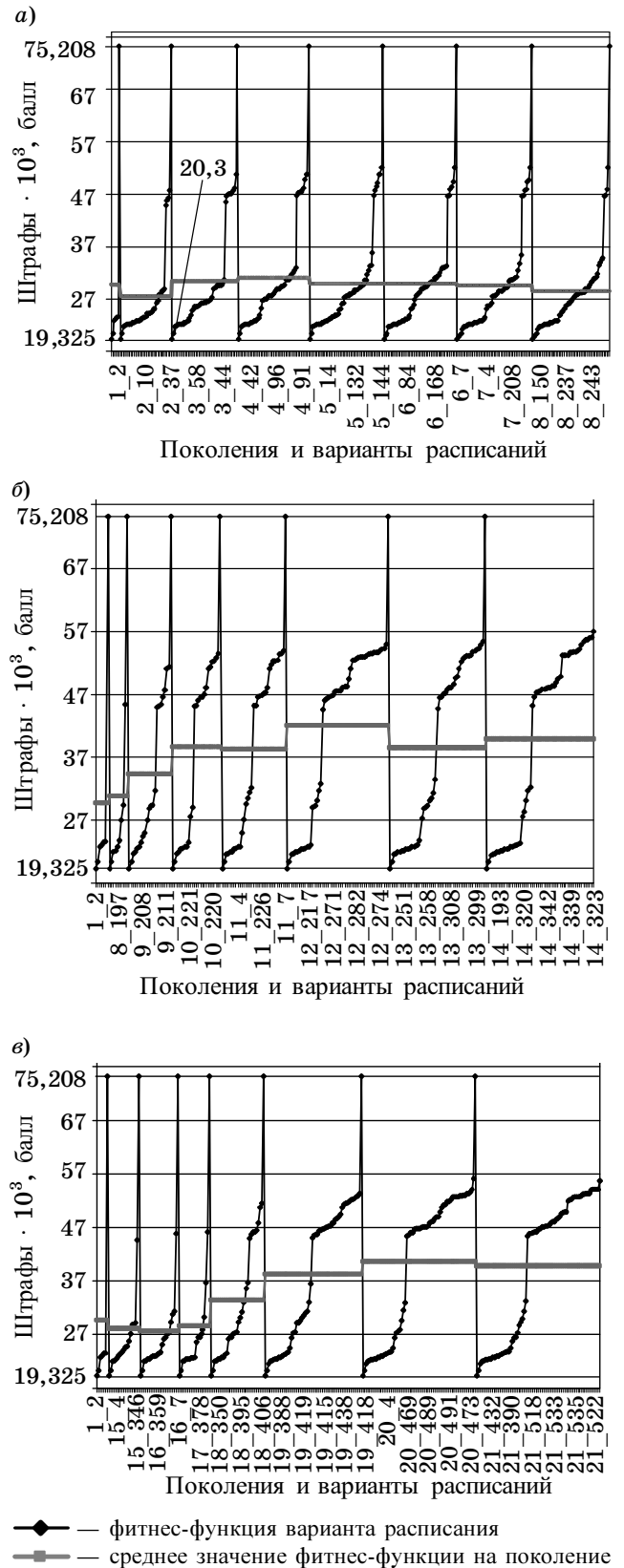
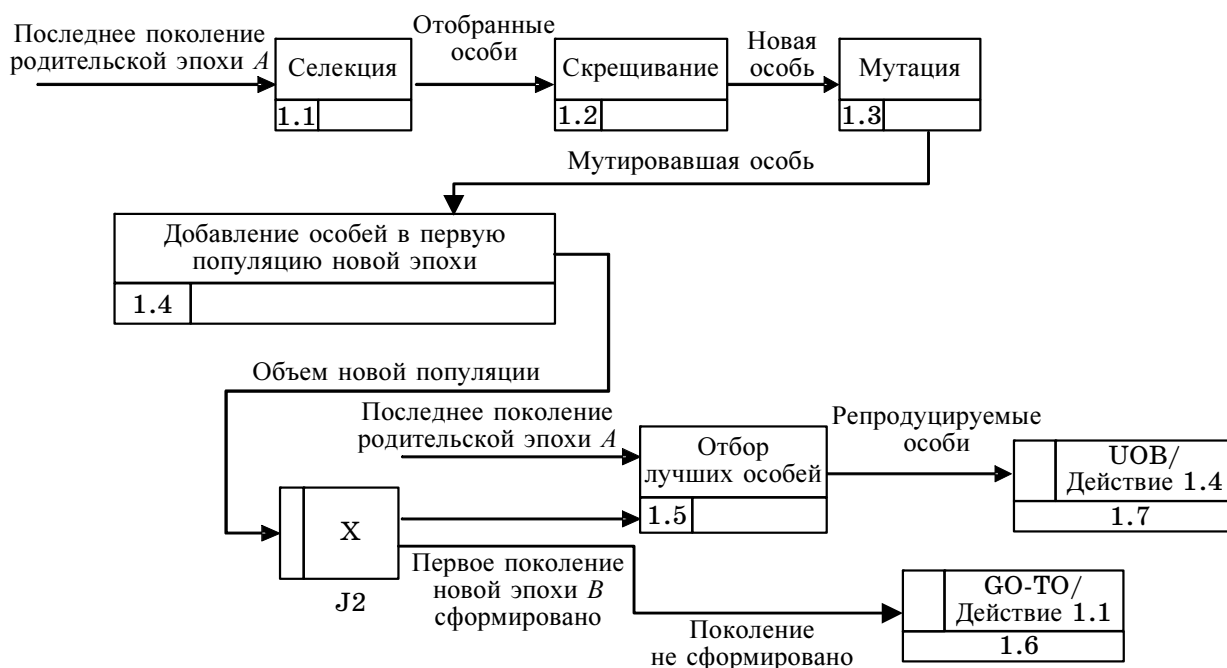


Рис. 1. Селекция с применением элитарной и детерминированной стратегий репродукции: а — методом рулетки; б — турнирная детерминированная; в — случайная турнирная

а)

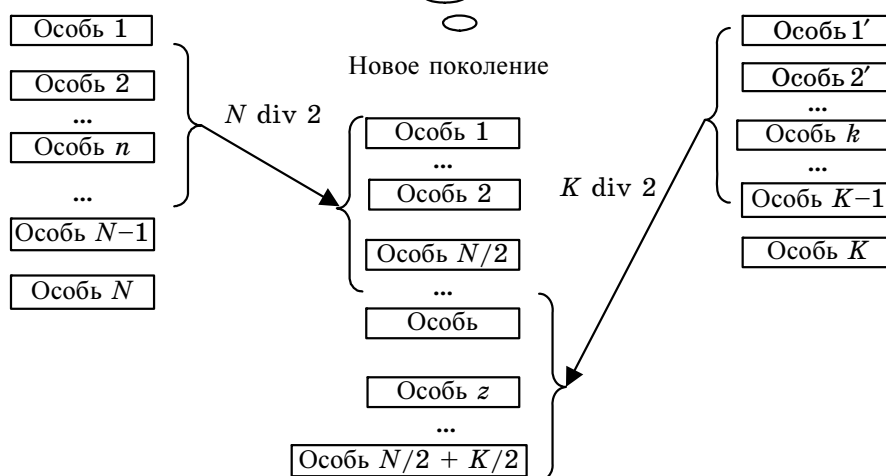


б)

Список особей финального поколения эпохи A отсортирован по убыванию приспособленности; N — численность популяции, $1 \leq n \leq N$

Стартовое поколение для новой эпохи C, где z — численность популяции, равная $(N/2 + K/2)$

Список особей финального поколения эпохи B отсортирован по убыванию приспособленности; K — численность популяции, $1 \leq k \leq K$

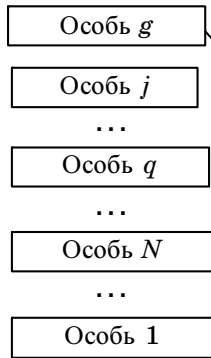


■ Рис. 2. Схема наследования генотипа эпох: а — без скрещивания; б — при элитарном скрещивании; в — при детерминированном скрещивании (см. также с. 12)

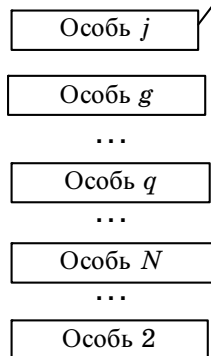
в)

Список особей финального поколения эпохи *A*

отсортирован по убыванию приспособленности по первой характеристике

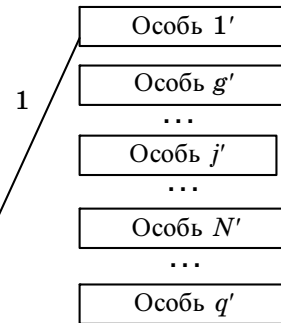


отсортирован по убыванию приспособленности по *k*-й характеристике

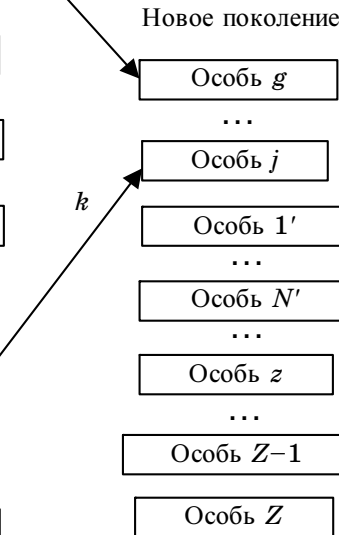
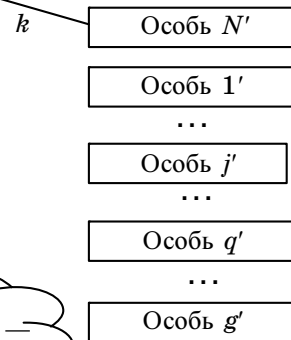


Список особей финального поколения эпохи *B*

отсортирован по убыванию приспособленности по первой характеристике



отсортирован по убыванию приспособленности по *k*-й характеристике



$1 < z < Z, Z \leq 2N$, где *N* — количество оптимизируемых характеристик

■ Рис. 2. Окончание

Понятие эпох в ГА

Имея популяции, порожденные с использованием различных методов селекции, неплохо было бы разработать некоторый алгоритм их скрещивания. Для этого введем понятие «эпоха» — множество популяций, порождаемых друг от друга с использованием одного и того же алгоритма селекции.

Эпоха *B* является дочерней по отношению к эпохе *A*, если последнее поколение из *A* является стартовым для *B* (рис. 2, а).

Скрещивание эпох

По какому принципу лучше скрещивать эпохи? Было реализовано два подхода.

1. *Элитарное скрещивание эпох* по принципу элитарной репродукции, когда для формирования стартового поколения новой эпохи выбираются лучшие особи из последних поколений всех скрещиваемых эпох (рис. 2, б). Количество репродуцируемых особей есть некоторая часть от объема популяции.

2. *Турнирное детерминированное скрещивание эпох* по принципу турнирной детерминированной селекции, когда в каждом из финальных поколений скрещиваемых эпох выделяются особи, лучшие по той или иной характеристике. Каждая особь может попасть в стартовое поколение новой эпохи лишь один раз. Схема работы алгоритма представлена на рис. 2, в.

Попробуем скрестить эпохи, полученные ранее с использованием двух видов турнирной селекции (см. рис. 1, б, в, а также рис. 11 и 12 из статьи [2], где можно найти подробные диаграммы работы турнирного детерминированного и турнирного случайного алгоритмов селекции). Обе эпохи берут свое начало от общего стартового поколения 1 со средней приспособленностью *P*, которое состоит из семи особей. Будем использовать сразу два типа скрещивания, так как хотелось бы помимо наследования приспособленности в целом видеть еще и эволюцию отдельных характеристик. На рис. 3 и 4 (см. стр. 3 обложки) скрещиваемые эпохи представлены своими финальными поколениями: 14-м

Иллюстрация к статье
 Моисеенко А. С., Матвеев В. А. «Разработка методов скрещивания эпох
 для предотвращения сходимости генетического алгоритма», стр. 13.

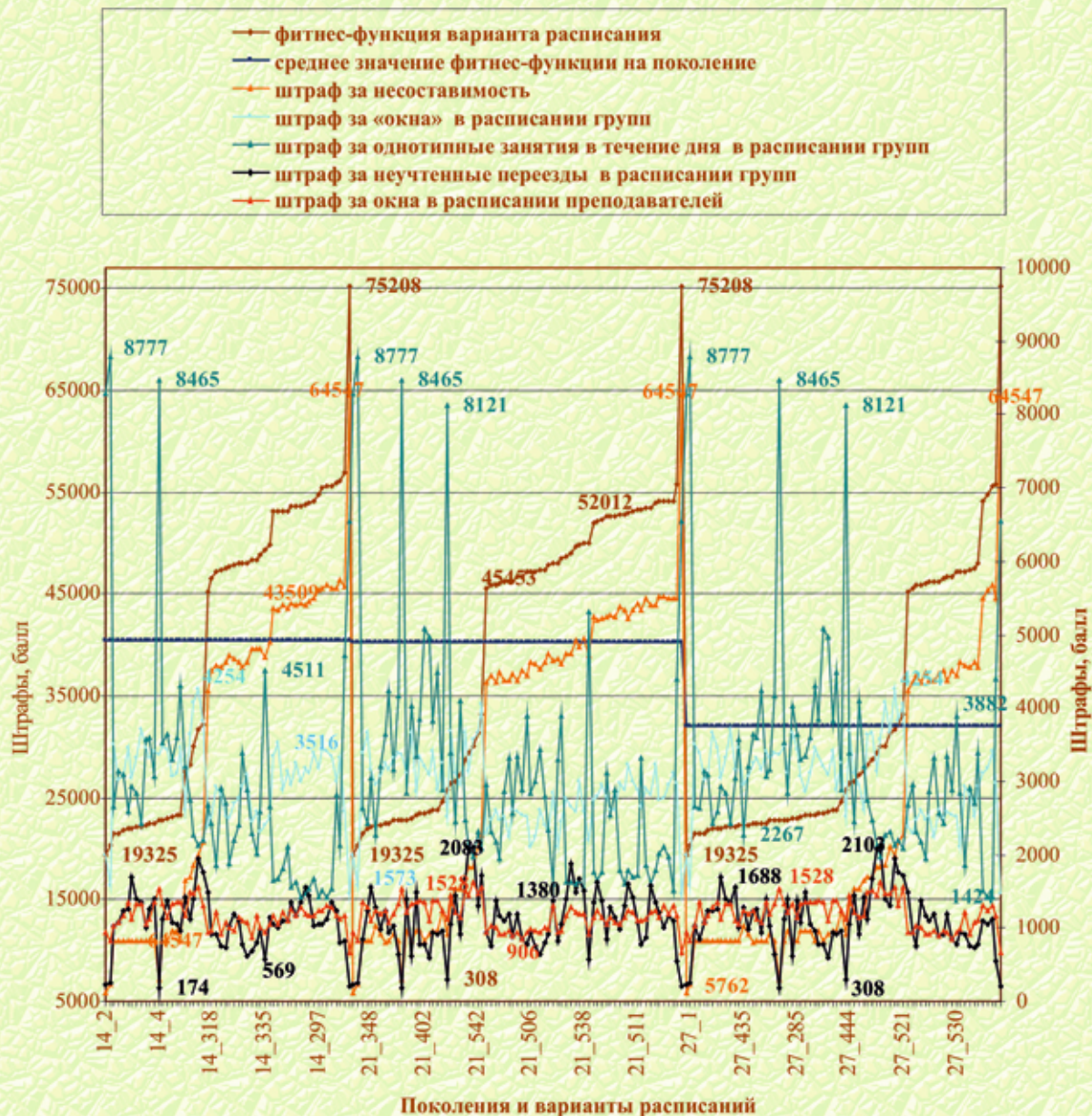


Рис. 4. Финальное поколение эпохи, полученной скрещиванием 14-го и 21-го поколений



Рис. 3. Формирование новой эпохи турнирным и элитарным методом скрещивания эпох

(с приспособленностью $P \times 1,36$) и 21-м (с приспособленностью $P \times 1,35$). Таким образом, среднее значение приспособленности у этих эпох сошлось приблизительно к одному и тому же значению спустя 7 популяций. После скрещивания фенотип стартовой популяции новой эпохи резко улучшается в связи с «отсеиванием» нежизнеспособных особей. Для продолжения новой эпохи будем использовать в качестве алгоритма селекции метод рулетки и два метода репродукции — турнирный детерминированный и случайный турнирный

(см. рис. 3). В итоге уже в первом поколении получена особь с приспособленностью $P \times 0,955$.

На рис. 4 фитнес-функция финального поколения новой эпохи разложена на составляющие по наиболее значимым критериям.

Выводы

Используемый подход позволил предотвратить сходимость, наблюдаемую у скрещиваемых эпох, что подтверждается скачкообразным улучшением приспособленности поколений новой эпохи.

Благодаря реализованным методам улучшен фенотип популяции. После скрещивания средняя приспособленность стартовой популяции новой эпохи резко улучшилась в связи с «отсеиванием» нежизнеспособных особей.

Уже в первом поколении новой эпохи была получена особь, превышающая по своей приспособленности лучшую особь стартового поколения на 4,5 %.

Литература

1. Рутковская Л., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия — Телеком, 2006. 383 с.
2. Моисеенко А. С., Матяш В. А. Реализация методик селекции и репродукции в генетических алгоритмах применительно к задаче оптимизации расписаний // Мехатроника, автоматизация, управление. 2008. В печати.