

ШАФФЕР ДЖ. Д., ЭШЕЛЬМАН Л. ДЖ.

**КОМБИНАТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ:
ВАЖНОСТЬ ОТЛИЧИЯ ГЕНОТИПА ОТ ФЕНОТИПА**

К настоящему моменту генетические алгоритмы (ГА) более успешно применялись при решении задач параметрической оптимизации и в меньшей степени — для решения комбинаторных задач. Причина, по-видимому, состоит в том, что строка численных параметров, представленная в виде строки битов или чисел, сама по себе подразумевает некую схему, структура которой может быть сразу же выявлена и использована во многих задачах. Комбинаторные же задачи оперируют с дискретными структурами или размещениями объектов, незначительные изменения которых часто вызывают скачкообразное изменение показателей. В ситуациях такого рода, как кажется на первый взгляд, отсутствуют схемы, необходимые для успешного применения ГА.

Мы предлагаем подход, в котором комбинаторные задачи представляются в виде задач параметрической оптимизации путем разработки специальных проблемно-ориентированных алгоритмов, которые вырабатывают решения (фенотипы) из строк параметров (генотипов). После достаточно длительного изучения этого подхода мы рекомендуем его как более предпочтительный по сравнению с альтернативными, например, с разработкой специализированных представлений операторов для конкретных комбинаторных задач. Мы иллюстрируем преимущества нашего подхода успешным промышленным применением для балансировки автоматической сборочной линии, которая расставляет микросхемы на печатные платы.

§ 1. Введение

Общеизвестно, что комбинаторные задачи трудно разрешимы при использовании генетических алгоритмов (ГА). Почему? Потому что трудно найти представление, обеспечивающее построение хороших схем [7]. Традиционный подход состоит или в создании специальных представлений в надежде построить хорошие схемы (обычно это не удается), или в изобретении специальных операторов, сохраняющих и рекомбини-

Shaffer J. D., Eshelman L. J. Combinatorial Optimization by Genetic Algorithms: The Value of the Genotype/Phenotype Distinction. — First International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications, 1996, p. 110–120. Publisher: EvCA'96.

© EvCA'96, 1996 г.

© Перевод на русский язык с разрешения владельца прав. Научное издательство «ТВП», 1996 г.

рующих схемы, которые, по мнению пользователя, «важны» для рассматриваемой задачи (например, поиск подпуть в задаче коммивояжера). Иногда оба этих подхода пытаются реализовать одновременно. К сожалению, на сегодняшний день достижения в этой области незначительны. Во многом это связано с тем, что не существует общей теории схем (или формул [6]) для комбинаторных задач, которая могла бы координировать эти попытки.

Имеется дополнительная трудность. Даже если бы удалось разработать методы представления для классических комбинаторных задач, подходящие для применения ГА, то эти результаты, по-прежнему, будет трудно применить на практике. Причина состоит в том, что реальные прикладные задачи обычно сопровождаются множеством технических деталей, которые опускаются в теоретически хорошо изученных вариантах этих задач (например, задача коммивояжера или задача о рюкзаке).

К счастью, имеется альтернативный подход, который зависит только от существующей на сегодняшний день теории и от практического опыта применения ГА для решения задач параметрической оптимизации и позволяет учитывать все технические детали. Он состоит в интерпретации данной задачи как задачи параметрической оптимизации.

Ключевым элементом этого подхода является алгоритм, который строит решения данной комбинаторной задачи (например, задачи размещения объектов), которые сильно изменяются при изменении некоторых параметров. Этот этап может рассматриваться как процесс эволюции, на котором фенотипы строятся из генотипов. По-видимому, проще придумать алгоритм, который строит хорошие схемы в пространстве генотипов, чем искать более подходящие представления фенотипов, выполняющих аналогичную функцию. Один из элементов, который может обеспечить успех данному подходу, состоит в том, что удастся избежать искушения включить в этот алгоритм очень детальные эвристики, ориентированные на поиск оптимума целевой функции. В самом деле, если бы мы обладали такой достаточно детальной эвристикой, этот эволюционный алгоритм уже был бы достаточным оптимизатором.

Мы не одиноки в попытке использовать данный подход (см. [5], [8]) и полагаем, что он обладает широкой практической применимостью и может использоваться во многих экономически значимых комбинаторных задачах. Мы проиллюстрируем этот подход на примере производственной задачи балансировки автоматической сборочной линии, состоящей из роботов, которые расставляют монтируемые компоненты (МК) на поверхности печатных плат (ПП).