

Применение генетического алгоритма в структурной оптимизации

Зиберт А.В., Ковалева И.Л., Чижик Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

В общем случае структурная оптимизация является достаточно сложной задачей. Её сложность обуславливается прежде всего тем, что с целью выбора наилучшего решения наряду с варьированием параметров внутри заданной структуры происходит варьирование самими структурами на необозримом (в смысле полного перебора) множестве известных и неизвестных структур.

В настоящее время не существует метода оптимизации, который мог бы быть однозначно определен как лучший среди других методов по точности решения задач структурной оптимизации. Метод полного перебора не эффективен, так как пространство поиска может содержать бесконечное число вариантов решений. Градиентные методы не гарантируют получение единственного оптимального решения, за исключением случая, когда пространство отображения является выпуклым и не допускает появления второстепенных вершин, плато и т.д. С другой стороны, эвристические методы, к которым относятся генетические алгоритмы, являются наиболее универсальными, однако они не гарантируют нахождения глобального оптимума, являющегося единственным решением задачи. Тем не менее, анализ результатов использования генетических алгоритмов показал, что их применение для решения задач структурной оптимизации наиболее эффективно, т.к. задачи структурной оптимизации обладают следующими особенностями:

- большое пространство поиска, ландшафт которого содержит несколько экстремумов;
- сложность формализации оценки качества решения функцией степени пригодности;
- многокритериальность поиска;
- поиск приемлемого решения по заданным критериям из-за невозможности поиска глобального оптимума.

Рассмотрим использование генетического алгоритма для решения задачи оптимизации компоновки кинематической схемы с точки зрения минимизации площади схемы.

Сформулируем генетическое представление задачи. В качестве индивидуумов будем рассматривать варианты компоновки кинематической схемы, состоящей из заданного числа определенных элементарных кинематических передач (ЭКП). Информацию о конкретной компоновке можно записать в виде одной хромосомы – вектора длины N , где N – число ЭКП в схеме. В первой позиции вектора стоит номер первой ЭКП, расположенной на входном валу, затем – номер второй ЭКП на втором валу по пути обхода схемы и т.д.

По условию задачи в рассматриваемых хромосомах каждый ген (номер ЭКП) может встречаться определенное, заранее заданное число раз. Стандартная операция скрещивания для такого типа хромосом некорректна, поэтому здесь можно использовать более сложную схему двухточечного скрещивания, адаптированную к данной задаче. Ещё одна особенность в применении генетического алгоритма для поставленной задачи возникает, когда необходимо определиться с мутацией. Стандартная операция мутации, изменяющая только одну позицию вектора, недопустима, так как может привести к недопустимой кинематической схеме.

Но можно определить мутацию как перестановку значений двух случайно выбранных генов. При таком преобразовании вид и число ЭКП останутся заданными.

Генетические алгоритмы можно использовать и для решения задач оптимизации структур различных алгоритмов. Рассмотрим в качестве примера алгоритм усечений, относящийся к алгоритмам поиска глобального оптимума. Алгоритм усечений в общем виде включает следующую последовательность операций:

- 1) генерация допустимых начальных точек;
- 2) отбор среди начальных точек нескольких точек, лучших по значениям оптимизируемой функции;
- 3) выполнение шага локального поиска из каждой из отобранных на предыдущем этапе точек;

4) повтор пунктов 2,3 до тех пор, пока не выполняются условия окончания счета.

Очевидно, что количество начальных точек может быть разным, рекомендуется выбирать его от 2 до 4. Кроме того, генерировать начальные точки можно, например, случайным образом или равномерно распределив их по области поиска. Отбор наилучших точек также можно вести несколькими способами, например, с помощью рулетки или по количеству наилучших точек в одной зоне области поиска. В качестве шага локального поиска можно использовать любой алгоритм локальной оптимизации. Структура алгоритма усечений должна задаваться конкретным числом начальных точек, их способом генерации, способом отбора наилучших точек и видом алгоритма локальной оптимизации. Для оптимизации структуры алгоритма усечений можно ввести критерий оптимальности, характеризующий, например, скорость нахождения глобального оптимума.

Определим генетическое описание задачи структурной оптимизации алгоритма усечений. В качестве индивидуумов будем рассматривать варианты структур алгоритма. Информацию о конкретной структуре можно записать в виде одной хромосомы. В первой позиции хромосомы стоит число начальных точек, во второй – способ генерации начальных точек, в третьей – способ отбора наилучших точек, в четвертой – вид алгоритма локальной оптимизации. Для такого типа хромосом может использоваться любой вид операции скрещивания: и одноточечное и двухточечное скрещивание. Для этих хромосом подойдет и стандартная операция мутации.

Найденные с помощью генетического алгоритма компоновка кинематической схемы и структура алгоритма усечений, вероятно, не будут представлять собой глобальные оптимумы, но будут близки к ним - как правило, генетические алгоритмы “ошибаются” не более чем на 5—10%. Этот недостаток компенсируется для комбинаторных задач относительно высокой скоростью работы. Для повышения точности работы генетического алгоритма его можно использовать совместно с другими методами.