

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МЕЖДУ РОБОТАМИ

Пашкевич А.П., Пашкевич М.А., Антонов Е.П

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники*

Введение

Существующие системы автоматизированного проектирования робототехнологических комплексов (САПР РТК) позволяют осуществить детальный анализ проектных решений, предлагаемых пользователем в интерактивном режиме. Поэтому для повышения эффективности таких САПР требуется создание методов автоматизированного синтеза РТК и их оптимизации по технико-экономическим критериям. В данной работе рассматривается одна из задач этого класса - оптимизация распределения операций между роботами, применяемых в РТК точечной контактной сварки. Для решения задачи предлагается генетический алгоритм, который обеспечивает лучшую сходимость, чем алгоритмы, ранее предложенные авторами [1].

1. Постановка задачи

Общая задача автоматизации проектирования РТК обычно подразделяется на отдельные этапы, на которых последовательно находится оптимальный состав инструментов, роботов и других компонент комплекса, а затем определяется их оптимальное взаимное расположение. Искомый на-

бор технологических инструментов должен обеспечивать достижимость всех точек сварки, а также минимальное время перемещения между точками. Используя результаты этого шага, точки сварки распределяются между роботами исходя из доступности соответствующими инструментами. Затем выбираются конкретные промышленные роботы и определяется их оптимальное расположение в ячейке. На заключительном этапе формируется программа управления роботом.

Рассматриваемая в этой работе задача оптимизации распределения технологических операций между роботами формулируется следующим образом. Требуется построить разбиение множества точек сварки на группы (кластеры), так, чтобы каждый инструмент обрабатывал приписанные ему точки без столкновений с деталью и оснасткой, геометрические размеры кластера были достаточно малыми и принадлежали рабочей зоне робота; время обработки кластера были по возможности наименьшим и обеспечивали равномерную загрузку всех роботизированных ячеек. Задача является обобщением классической задачи о разбиении множества с дополнительным условием включения-исключения, то есть является *NP*-полной. Оценка качества разбиения вычисляется как минимум некоторого скалярного критерия, оценивающего геометрические размеры кластера либо время, затрачиваемого каждым роботом на выполнение технологических операций и на переходы между точками сварки [1].

2. Схема генетического алгоритма

Генетические алгоритмы предоставляют собой новый способ для решения задач оптимизации, для которых классический подход не дает достаточно эффективного решения. К числу основных преимуществ генетических алгоритмов относится их гибкость по отношению к виду целевой функции, количеству и типу ограничений [2]. Ниже приводится краткое описание ключевых моментов реализации генетического алгоритма для рассматриваемой задачи.

3. Искусственный интеллект и нейронные сети

В качестве функции, которая эмулирует внешнюю среду, берется один из вариантов оценки качества разбиения множества точек сварки. В качестве *хромосомы* используется N -мерный вектор с компонентами, принимающими значения $1, 2, \dots, N$, где M — количество инструментов, N — число точек сварки. При выборе хромосом для следующего эволюционного цикла использовалась стратегия *Elitist Replacement*, при которой выживают сильнейшие особи из популяции предков и популяции детей. Начальная популяция строится случайным образом, так как такой подход повышает вероятность «независимости» отдельных хромосом. Операция *скрещивание* изменяет некоторые гены «доминирующей» хромосомы на значения соответствующих генов второго элемента популяции. *Мутация* реализована путем случайного изменения некоторых генов хромосомы с учетом ограничений задачи. Кроме того, введена дополнительная *операция локальной оптимизации*, которая реализована классическим образом за тем исключением, что просматриваются не все «близкие» решения, а лишь заданное число.

3. Анализ эффективности алгоритма

Генетический алгоритм (ГА) был реализован на языке C++ и встроен в САПР сварочных РТК ROBOMAX. Тесты, на которых проверялась эффективность алгоритмов, были основаны на реальных данных и включали от 20 до 100 точек сварки (от 2 до 10 прямолинейных швов). Число роботов изменялось от 5 до 10. Среднее расстояние между точками было около 0.85 метров. Результаты оптимизации сравнивались после выполнения алгоритмов в течении 60 с на процессоре Pentium 100. В результате тестирования было установлено, что ГА работает быстрее, чем трехэтапный алгоритм, предложенный нами ранее [1].

Был также проведен анализ зависимости результата оптимизации от типа критерия оптимальности. Первый из них (время обработки кластера) имеет более существенное технологическое значение, однако второй (геометрический размер кластера) более предпочтителен с точки зрения вычис-

лительной сложности. Установлено, что оба скалярных критерия позволяют получить технически приемлемые решения, однако вблизи точек экстремума они конкурируют друг с другом (см. рис. 1).

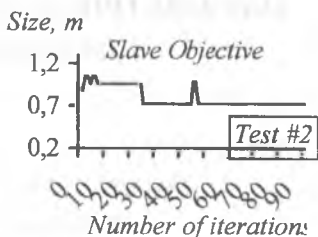
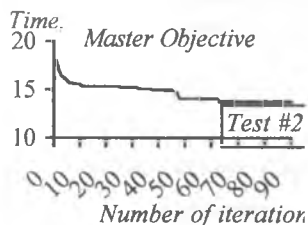
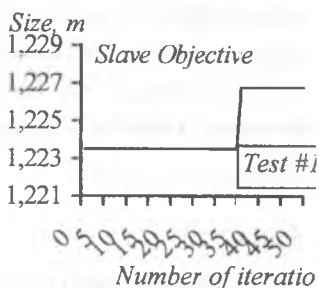
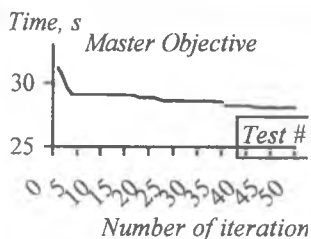


Рис. 1. Поведение целевых функций в процессе оптимизации.

Заклучение

Разработанный генетический алгоритм позволяет произвести оптимальное распределение технологических операций между роботами и превосходит по эффективности предложенный ранее трехэтапный метод решения данной задачи. Дальнейшее его усовершенствование может быть достигнуто за счет применения принципов векторной оптимизации, которые также планируется реализовать при помощи генетических алгоритмов.

Литература

1. Pashkevich, A., O. Sosnovski, M. Pashkevich and E. Antonov. A combinatorial optimisation approach to computer-aided design of industrial robotic cells. In: *Proc. of the 4-th Int. Conf. on Application of Computer Systems*, Szczecin, Poland, pp 112-119, 1997.

2. Levine, D. A *Parallel Genetic Algorithm for the Set Partitioning Problem*. Technical Report No. ANL-94/23, Argonne National Laboratory, 1994.

УДК 62-50

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Громов Д.В.

*Белорусский Государственный Университет
Информатики и Радиоэлектроники*

В настоящее время получила широкое распространение задача синтеза систем управления с переменной структурой, работающих в скользящем режиме. К основным достоинствам предложенных систем можно отнести возможность достижения робастности по отношению к возмущающим воздействиям, а так же к параметрическим возмущениям. В предложенной работе решается задача синтеза квазиоптимального разрывного закона управления для нелинейного объекта второго порядка с *a priori* заданным критерием качества.

Пусть объект управления описывается системой уравнений