ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА ЭКСТРЕМУМА ФУНКЦИИ

И. В. Подмазов

Главной задачей, для которой рассматривается возможность применения генетического алгоритма – поиск глобального экстремума (минимума или максимума) многомерной функции. Эта задача является универсальной; к ней сводятся многие проблемы оптимизации, возникающие при теоретических и практических исследованиях [1]. На примере поиска максимума двумерной тестовой функции, было произведено сравнение эффективности генетических операторов в различных сочетаниях, а также анализ эффективности работы алгоритма для некоторых значений параметров.

Для решения данной задачи был реализован ГА с вещественным кодированием. Генотип особи представляет точку-кандидат на экстремум. В качестве функции приспособленности использовано значение исследуемой функции $f(\vec{x})$.

Были испробованы различные комбинации селекции и кроссовера. В качестве оператора мутации применяется покоординатная равномерная мутация. Выбор оператора мутации мало влияет на результат – в ходе эксперимента не было обнаружено сильной зависимости качества сходимости от типа оператора; значимым параметром является лишь средняя величина изменения хромосомы и вероятность применения оператора. Ниже приведена сравнительная таблица 1 результатов работы алгоритма для различных комбинаций, данные рассчитаны по 100 запускам на тестовой задаче:

$$f(x_1, x_2) = \cos^2(\pi x_1) e^{-\frac{x_1^2}{10}} + \cos^2(\pi x_2) e^{-\frac{x_2^2}{10}}, \quad (1)$$

имеющей локальные максимумы в точках с целочисленными координатами и глобальный максимум в начале координат.

Размер популяции был выбран равным 50 как близкий к оптимальному: при таком размере популяция достаточно быстро (за время порядка 60 поколений) достигает решения. Во всех вариантах используется стратегия неконкурентного элитизма: 3 лучших особи из старого поколения условно переходят в новое - это значительно ускоряет и улучшает сходимость, т.к. сохраняется наиболее «перспективный» генетический материал и не может уменьшиться максимальная приспособленность популяции.

Медиана погрешности/среднее количество поколений для различных комбинаций операторов селекции и кроссовера

Тип оператора	Пропорциональный отбор	Турнирный отбор (бинарный)	Отбор отсечением
Плоский кроссовер (flat кроссовер)	$6.8 \cdot 10^{-3} / 248.1$	$6.7 \cdot 10^{-3} / 232.4$	$6.8 \cdot 10^{-3} / 263.8$
BLX-кроссовер (blend кроссовер)	$3.7 \cdot 10^{-11} / 61.1$	$3.3 \cdot 10^{-11} / 58.5$	$3.6 \cdot 10^{-11} / 65.7$
SBX-кроссовер (симулированный двоичный кроссовер)	$4.0 \cdot 10^{-11} / 60.7$	$3.5 \cdot 10^{-11} / 59.3$	$3.8 \cdot 10^{-11} / 64.9$
Геометрический кроссовер	$2.6 \cdot 10^{-8} / 123.8$	$3.3 \cdot 10^{-8} / 120.2$	$3.6 \cdot 10^{-8} / 125.6$

Измерения производились на компьютере с процессором Intel Core 2 Duo с тактовой частотой 2.26 ГГц.

Для комбинации (BLX-кроссовер – турнирный отбор) была выполнена дополнительная оптимизация по параметрам вероятностей применения операторов кроссовера и мутации. Таким образом, наилучшей конфигурацией (в плане средней точности) для решения задачи поиска экстремума оказывается тройка:

- бинарная турнирная селекция;
- BLX-кроссовер (с вероятностью применения 0.6);
- покоординатная равномерная мутация (с вероятностью применения 0.15).

Стоит отметить, что оптимальные значения параметров алгоритма достаточно значительно зависят от вида функции, и очень сильно от размерности. Для достижения качественной (в смысле пригодности получаемых решений) работы ГА необходимо произвести тонкую настройку параметров алгоритма под решаемую задачу оптимизации [1]. Однако, эта проблема также является задачей оптимизации, следовательно, тоже может быть решена с помощью другого ГА (так называемого мета-ГА), осуществляющего конструирование хромосомы, кодирующей лучшие значения настроек. Был разработан генетический алгоритм, выполняющий подбор параметров ГА для решения первой задачи (поиска глобального экстремума функции). Результаты запуска были сравнены с подобранными вручную параметрами – различие оказалось минимальным (точность решения была увеличена), что говорит об оправданности подхода.

Используется классический ГА с двоичным кодированием. Производится определение оптимальных значений следующих параметров: размер популяции, использование стратегии элитизма, количество элитных

особей, тип кроссовера, вероятность кроссовера, вероятность мутации, тип селекции.

Отдельные участки хромосомы кодируют значения соответствующих параметров. Структура хромосомы имеет следующий вид (x – значение участка хромосомы, выраженное целым числом):

- биты 0-6: размер популяции $N = x + 2$, диапазон значений – от 2 до 257;
- - бит 7: использование стратегии элитизма. Значения – да/нет;
- биты 8-13: количество элитных особей $E = x + 1$, диапазон значений – от 1 до 256;
- биты 14-15: тип кроссовера (из таблицы 1);
- биты 16-18: вероятность кроссовера $p_c = 0.1 * (x + 1)$;
- биты 19-21: вероятность мутации $p_m = 0.05 * (x + 1)$;
- биты 22-23: тип селекции (из таблицы 1, а также троичный турнирный отбор).

Количество особей в популяции – 50. В качестве оператора кроссовера используется классический двоичный одноточечный кроссовер с вероятностью применения 0.6. Оператором мутации является битовая мутация, вероятность применения – 0.01. Оператор селекции – двоичная турнирная селекция.

Для обеспечения надежной сходимости мета-ГА в популяции избиралась одна элитная особь с максимальной приспособленностью, которая безусловно переходила в следующее поколение.

Производилась минимизация среднего времени работы алгоритма в поколениях на 100 проходах той же тестовой задачи. Учитывались только проходы, при которых был найден верный максимум. В качестве функции приспособленности использовалась обратная величина от среднего количества поколений.

Время работы построенного мета-ГА оказалось очень большим (порядка десятка часов). В результате, в 113 поколении было обнаружено решение, кодирующее следующие значения параметров ГА:

- размер популяции – 43;
- использование стратегии элитизма – да;
- количество элитных особей – 6;
- тип кроссовера – SBX-кроссовер;
- вероятность кроссовера – 0.7;
- вероятность мутации – 0.2;
- тип селекции – турнирная бинарная селекция.

При этом, среднее количество поколений равнялось 55.

Мета-ГА показал результат, близкий к первоначально подобранному. Хотя в данном случае удалось подобрать близкую к оптимуму комбина-

цию операторов вручную, результат свидетельствует, что использование методики автоматического поиска наилучшей комбинации оправдывает себя и может использоваться для более сложных конфигураций ГА и параметров, применяемых для решения трудных задач.

К перспективным направлениям исследований можно отнести поиск наилучшей конфигурации мета-ГА и обнаружение каких-либо закономерностей и зависимостей значений параметров от вида решаемой задачи. [2, с. 131]

Литература

1. Цой Ю.Р., Спицын В.Г., Генетический алгоритм / Спицын В.Г., Цой Ю.Р. Представление знаний в информационных системах: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006г.
2. Mitchell M., An introduction to genetic algorithms / M. Mitchell. – 5-е изд. – Cambridge: The MIT Press, 1999

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ОТЖИГОВ НА ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЕВ SiN_x

И. А. Романов

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к изучению свойств нестехиометрического нитрида кремния с избытком кремния (SiN_x , $x < 4/3$) обусловлен возможностью его применения в оптоэлектронных устройствах, как материала способного проявлять фото- и электролюминесценцию, а так же в устройствах энергонезависимой памяти, как материала, способного локализовать электроны и дырки с большим временем удержания (более 10 лет при 400 К) [1, 2]. Оптические свойства пленок SiN_x зависят не только от параметра «x», определяющего общее количество избыточного кремния, но и от того, в каком виде избыточный кремний находится в пленке – в кластерах или случайным образом распределен по атомной сетке [1].

Интенсивная фотолюминесценция (ФЛ) слоев SiN_x наблюдалась в [1, 3, 4]. Данная ФЛ приписывалась к люминесценции нанокластеров кремния (Si-НК) и излучательных переходах между энергетическими уровнями дефектов. Термические отжиги пленок нитрида с избытком кремния приводят к собиранию избыточного кремния в кластеры, уплотнению структуры нитрида. В работах [1, 3] сообщалось об интенсивной фотолюминесценции в пленках нитрида кремния с аморфными нанокластерами кремния. Отмечалось, что с увеличением размеров Si-НК наблюдается сдвиг максимума ФЛ в длинноволновую область. Меха-