

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА ИМИТАЦИИ ОТЖИГА НА ПОИСК ГЛОБАЛЬНОГО ЭКСТРЕМУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАНИРУЕМОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А.А. Ерофтиев, И.В. Дружинин, А.Н. Савин

Многие сферы деятельности человека в настоящее время требуют решения оптимизационных задач. Вместе с тем, важной проблемой является нахождение оптимальных параметров, а также исследование их влияния на выходные характеристики, для уже существующих методов оптимизации с целью обеспечения необходимой точности и надежности алгоритмов, а также уменьшения времени поиска. Целью данной работы является моделирование с помощью планируемого численного эксперимента зависимостей времени выполнения алгоритма имитации отжига [1] и надежности нахождения глобального экстремума с его помощью от его параметров на параллельных вычислительных системах (ВС).

В качестве независимых параметров (факторов) эксперимента рассматривались максимальная начальная температура системы T_0 , конечная температура T_{end} и температурный коэффициент r .

Одним из путей проведения требуемого анализа алгоритма имитации отжига является использование полиномиальных регрессионных моделей, построенных по данным численного или физического планируемых экспериментов, и, соответственно, учитывающих влияние вышеуказанных факторов.

Математическая модель в этом случае может быть представлена следующим выражением [3]:

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (1)$$

где $x_i, 1 \leq i \leq k$ – независимые переменные (факторы),

η – моделируемая выходная характеристика алгоритма,

$f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ – полином требуемого порядка.

В качестве анализируемых выходных характеристик алгоритма имитации отжига было решено рассмотреть время работы алгоритма, выраженное в необходимом для получения решения количестве вычислений целевой функции (ЦФ), а также вероятность попадания результата в область глобального минимума, на параллельных ВС. Для указанных характеристик было решено получить модели 2 порядка.

Построение адекватных регрессионных моделей по экспериментальным данным, т.е. решение задачи нахождения коэффициентов уравнения регрессии (1) возможно лишь при соблюдении ряда жестких требований: план эксперимента должен быть симметричным, ортогональным, ротатабельным, D-оптимальным и т.д. [3].

Теория планирования эксперимента [3] предлагает различные методы построения оптимальных по разным критериям планов. Часто используются, например, полный факторный эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, и его дробные реплики. Однако высокая трудоемкость, а зачастую даже непригодность метода обусловлена катастрофическим возрастанием числа необходимых опытов с ростом числа учитываемых факторов. В связи с этим возникает задача повышения эффективности планируемого эксперимента путём предельного сокращения числа проводимых опытов при сохранении адекватности модели.

Одним из вариантов решения этой задачи является метод построения композиционных планов экспериментов высоких порядков на основе симплекса, обладающих свойствами симметричности, ортогональности, ротатабельности, D-оптимальности и содержащих при этом небольшое количество опытов. Алгоритм построения симплекс-суммируемого плана n -го порядка приведен в [3].

В настоящее время существует несколько подходов к реализации алгоритма имитации отжига на параллельных ВС. В рамках данной работы были рассмотрены и проанализированы три из них: параллельный запуск алгоритма (мультистарт), параллельный запуск с обменом частичными результатами, разбиение пространства решений алгоритма на области.

Первоначальная оценка влияния факторов алгоритма имитации отжига на оптимизацию осуществлялась по рассчитанным при построении модели значениям коэффициентов корреляции рассматриваемых параметров.

С учетом результатов корреляционного анализа были построены регрессионные модели второго порядка времени нахождения глобального минимума ЦФ и вероятности попадания результата выполнения алгоритма имитации отжига в область глобального минимума для разных классов ЦФ [4]. Оценка статистической значимости коэффициентов моделей проводилась проверкой гипотезы о статистической незначимости совокупности коэффициентов регрессии уравнений с помощью F-критерия (критерия Фишера). Была проведена экспериментальная проверка адекватности моделей, в результате которой было установлено, что погрешность расчетов по сравнению с экспериментом не превышает теоретически предсказанных значений.

Таким образом, результаты проведенных исследований могут быть применены при выборе оптимальных параметров алгоритма имитации отжига для поиска глобального экстремума на параллельных ВС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. A.A. Eroftiev, N.E. Timofeeva, A.N. Savin. Parallel Computing in Application to Global Optimization Problem Solving // Grid and Visualization Systems: MIPRO, 2011 Proceedings of the 34th International Convention. — Zagreb, Croatia: DENONA, 2011. — P. 185–190.
2. А.Н. Савин, Н.Е. Тимофеева. Применение алгоритма оптимизации методом имитации отжига на системах параллельных и распределённых вычислений // Изв. Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. — 2012. — Т. 12. Вып. 1. — С. 110–116.
3. А.Н. Савин, Д.М. Доронин, И.А. Накрап, И.Н. Салий. Метод построения симплекс-суммируемого плана n -го порядка проведения эксперимента для моделирования характеристик замедляющих систем // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. — Самара: Изд-во Самарского государственного университета, 2010. — Том 13. № 2. — С. 68–75.
4. В.Д. Кошур. Адаптивный алгоритм глобальной оптимизации на основе взвешенного усреднения координат и нечетко-нейронных сетей // Нейроинформатика, 2006, том 1, № 2.