

# Параллельный алгоритм оптимизации динамической системы на примере социо-эколого-экономической модели развития региона\*

Е.А. Трушкова, Г.А. Матвеев

Социо-эколого-экономическая модель региона, включающая блок активных инновационных процессов как важнейший фактор, представленная в [1], наиболее перспективна для различных приложений, но и наиболее сложна по сравнению с предшествующими моделями. Она не могла быть реализована в полном объеме на обычных компьютерах, даже самых современных. Для практических вычислений требовались различные упрощающие допущения и высокая степень агрегирования. Появление доступных суперкомпьютеров открывает здесь новые возможности, которые демонстрируются ниже.

Один из трудоемких, но неизбежных этапов исследования модели является процедура оптимизации - итерационное улучшение начального управления. Предложен достаточно универсальный алгоритм итерационного улучшения, ориентированный на параллельные вычисления [2]. Рассматривается задача оптимального управления в стандартной форме:

$$(1) \quad x(t+1) = f(t, x(t), u(t)), t \in T = \{0, 1, \dots, t_F\}, x \in R^n, u \in R^p, x(0) = x_0, F(x(t_F)) \rightarrow \min.$$

Задача улучшения ставится следующим образом: имеется начальное приближенное решение задачи (1) — элемент  $m^I = (x^I(t), u^I(t))$ , требуется найти элемент  $m^{II} = (x^{II}(t), u^{II}(t))$ , такой, что  $F(x^{II}(t_F)) < F(x^I(t_F))$ . После представления наборов фазовых и управляющих переменных для социо-эколого-экономической модели [1] в виде соответствующих векторов  $x = (k, k^z, k^d, r, \theta, \Pi)$ ,  $u = (y, z, u, u^z, u^d, d)$ , замены ограничений штрафными добавками в минимизируемый функционал и проведения дискретизации по времени, задача принимает стандартную форму (1). Соответствующий параллельный алгоритм реализован с использованием Т-системы с открытой архитектурой (OpenTS) Были использованы данные для модели Переславского региона [1]. Размерность состояния составила 18, суммарная размерность управления - 20. Вычисления проводились на суперкомпьютере СКИФ МГУ «Чебышёв», для 160 различных наборов параметров метода улучшения. Полученные данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Анализ эффективности параллельной программы.

Число процессоров (ядер)	1	4	8	16
Время работы программы, с	10331	4184	2262	1160
Ускорение	1	2.469	4.567	8.906

В целом на основании проведенных исследований можно заключить, что применение суперкомпьютеров кластерного типа для реализации описанной концепции модели региона открывает новые перспективы ее эффективного использования, немислимые ранее при использовании обычных компьютеров с последовательным исполнением программ из-за большой размерности практически значимых версий модели и сложной системы данных.

## Литература

1. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / Под ред. Гурмана В.И., Рюминой Е.В. - М.: Наука, 2001.
2. Коваленко М.Р., Матвеев Г.А., Осипов В.И., Трушкова Е.А., Параллельный алгоритм улучшения управления // Тр. четвертой межд. конф. "Параллельные вычисления и задачи управления" (РАСО'2008), Москва, 27-29 октября 2008 г. ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН.

\* Работа выполнена в рамках суперкомпьютерной программы «СКИФ-ГРИД» Союзного государства при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-01-00274-а) и Российского гуманитарного научного фонда (проект № 09-02-00650а).