

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА URAN И ТЕХНОЛОГИИ OPENMP ДЛЯ РАСЧЕТА МНОЖЕСТВ УПРАВЛЯЕМОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Белоусов А.Н.¹, Матвийчук А.Р.^{1,2}, Григорьев А.М.¹, Зимовец А.А.¹

¹) Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия.

²) Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

E-mail: belousov_an@uran.ru

THE USE OF THE URAN SUPERCOMPUTER AND OPENMP TECHNOLOGY FOR CALCULATING CONTROLLABILITY SETS OF DYNAMIC SYSTEMS

Belousov A.N.¹, Matviychuk A.R.^{1,2}, Grigoriev A.M.¹, Zimovets A.A.¹

¹) Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics of UB RAS, Yekaterinburg, Russia.

²) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia.

The program for calculating the controllability sets of dynamic systems on a URAN supercomputer was developed. Number of numerical experiments were carried out. The results of numerical experiments allowed to study the capabilities of such systems, and also became the basis for further research.

В математической теории управления динамическими системами, рассматриваемыми на конечном промежутке времени, одной из важных задач является задача построения множеств управляемости. Эти множества представляют собой множества точек, из которых возможно привести управляемую систему на заданное целевое множество в определенный момент времени. Точное построение таких множеств возможно лишь для некоторых частных случаев, поэтому широкое распространение получили методы приближенного построения множеств управляемости. Эти методы базируются на дискретном представлении времени и пространства. В этих методах временной интервал подменяется его разбиением и для каждого момента времени разбиения выполняется процедура построения множества управляемости на основе множества, рассчитанного на предыдущем шаге. В силу сложности системы, а также чрезвычайно большого количества расчетных точек время вычисления таких множеств на персональных ЭВМ становится неприемлемо большим. Поэтому расчет таких задач многопоточном режиме с использованием технологии OpenMP был перенесен на двухпроцессорные производительные сервера и в облако УрО РАН.

В настоящее время все более востребованными становятся задачи построения множеств управляемости в евклидовых пространствах размерности 4 и более. Для пространств таких размерностей расчет многих модельных примеров даже на высокопроизводительных аппаратных серверах и в облаке УрО РАН занимает

слишком много времени. Требуются значительно более мощные вычислительные системы. Такой вычислительной системой, имеющейся в Институте математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН, является суперкомпьютер URAN. Эта система состоит из вычислительных узлов, которые можно использовать совместно для численных экспериментов, применяя технологию MPI, или проводить вычисления на одном узле, применяя технологию OpenMP. Авторами проекта была разработана программа для решения задач управления в n -мерном евклидовом пространстве, которая обладает функционалом вычисления множеств достижимости и множеств управляемости, а также реализует технологию OpenMP для распараллеливания вычислений. Данная технология позволяет эффективно использовать вычислительные возможности одного узла супервычислителя URAN без перехода на технологию MPI.

В рамках исследования данная программа была адаптирована для выполнения на суперкомпьютере URAN, после чего были проведены численные эксперименты, которые позволили оценить перспективы использования суперкомпьютера URAN для расчета множеств управляемости, а также определить ряд конфигураций узла, которые позволяют за меньшее время рассчитывать множества управляемости динамических систем. Результаты численных экспериментов позволили изучить возможности таких систем, а также стали основой для проведения дальнейших исследований в области теории управления динамическими системами.

Работа продолжает исследования, проведенные в работах [1-5].

1. A. R. Matviychuk, A. A. Zimovets, A. N. Belousov and A. M. Grigoriev, AIP Conf. Proc. 2025, 110004 (2018).
2. N. N. Krasovskii, The theory of control of motion, Nauka, Moscow, (1968).
3. N. N. Krasovskii, Control of dynamical system, Nauka, Moscow, (1985).
4. A. A. Zimovets, A. R. Matviychuk, Vestn. Udmurtsk. Univ. Mat. Mekh. Komp. Nauki 25(4), 459–473 (2015).
5. A. N. Belousov, A. R. Matviychuk, A. A. Zimovets, A. M. Grigoriev, AIP Conf. Proc. 2174, 020083 (2019).