

Параллельные вычисления при моделировании мышечной активности организма человека

Д.С. Казакова¹, Ю.Б. Линд²

ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет»¹, ООО «БашНИПИнефть»²

Изучение процессов, происходящих в сокращающейся мышце, является одной из наиболее важных и актуальных задач биомеханики, поскольку с мышечной активностью связано функционирование всех физиологических процессов в организме человека.

В настоящее время отсутствует единая математическая модель, которая могла бы описать все стадии процессов сокращения и расслабления в мышце, т.к. расчеты по такой модели требуют большого объема вычислений. Применение параллельных вычислений позволяет рассмотреть весь комплекс процессов, протекающих в мышце.

Используя химическую реакцию сокращения саркомера – элементарной сократительной единицы мышцы [1], на основе закона действующих масс построена математическая модель - задача Коши для системы обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_0}{dt} = -k_1 x_0 (x_1)^i + \bar{k}_1 (x_2)^j + k_6 x_6 - \bar{k}_6 (x_8)^i (x_9)^j + k_7 x_7 - \bar{k}_7 (x_8)^i; & \frac{dx_0}{dt} = -2k_1 x_0 (x_1)^i + 2\bar{k}_1 (x_2)^j; \\ \frac{dx_2}{dt} = 2k_1 x_0 (x_1)^i - 2\bar{k}_1 (x_2)^j - 2k_2 (x_2)^j + \bar{k}_2 (x_3)^i x_4; & \frac{dx_2}{dt} = 2k_2 (x_2)^j - 2\bar{k}_2 (x_3)^i x_4 - 2k_3 (x_3)^i + 2\bar{k}_3 x_5; \\ \frac{dx_3}{dt} = k_2 (x_2)^j - \bar{k}_2 (x_3)^i x_4; & \frac{dx_3}{dt} = k_3 (x_3)^i - \bar{k}_3 x_5 - k_4 x_4 + \bar{k}_4 x_6; \\ \frac{dx_4}{dt} = k_4 x_4 - \bar{k}_4 x_6 - k_5 x_6 + \bar{k}_5 x_7 (x_8)^i - k_6 x_6 + \bar{k}_6 (x_8)^i (x_9)^j; & \frac{dx_4}{dt} = k_5 x_6 - \bar{k}_5 x_7 (x_8)^i - k_7 x_7 + \bar{k}_7 (x_8)^i; \\ \frac{dx_5}{dt} = 2k_5 x_6 - 2\bar{k}_5 (x_8)^i (x_9)^j + 2k_7 x_7 - 2\bar{k}_7 (x_8)^i; & \frac{dx_5}{dt} = 2k_7 x_7 - 2\bar{k}_7 (x_8)^i (x_9)^j + 2k_8 x_8 - 2\bar{k}_8 (x_9)^i (x_9)^j; \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями: $x_i(t_0) = x_i^0$, (2)

где x_i , $i=1, \dots, 9$ – концентрации веществ-участников акта мышечного сокращения, k_i, \bar{k}_i ($i=1, \dots, 7$) – кинетические константы скоростей прямой и обратной стадий, t – время протекания реакции.

При решении обратной задачи нахождения оптимальных параметров системы (1)-(2) наиболее эффективным оказался параллельный вариант генетического алгоритма (рис. 1).

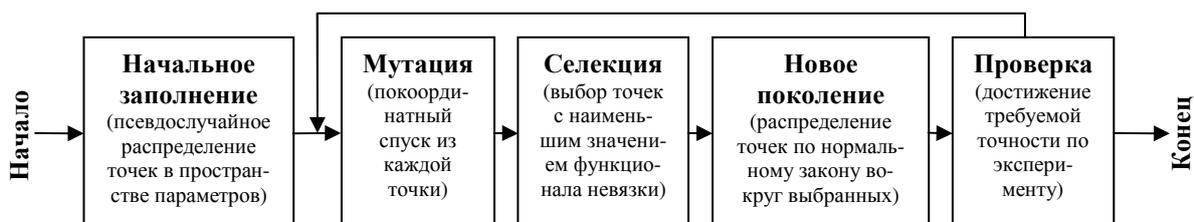


Рис. 1. Генетический алгоритм.

Распараллеливание вычислительного процесса производится на стадии начального заполнения, когда точки в пространстве параметров распределяются по процессорам МВС. Время автономной работы процессоров значительно превышает время межпроцессорных взаимодействий на этапе селекции, что обуславливает эффективность данного алгоритма.

Планируется оценить влияние внешних и внутренних факторов на полученные оптимальные параметры системы с целью коррекции мышечной деятельности человеческого организма. Разработанный программный продукт планируется внедрить в работу медицинских учреждений и спортивно-оздоровительных организаций.

Литература

1. Быстрой Г.П., Охотников С.А. Термодинамика нелинейных биологических процессов. Переход к хаосу. – Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та, 2008, – 154 с.