

стохастической модели Рулькова находятся приблизительные пороговые значения интенсивности шума, при которых происходит переход от режима покоя и тонического спайкинга к берстингу.

1. Rulkov N.F., Phys. Rev. Lett., 86, 183 (2001).
2. Bashkirtseva I., Ryashko L., Tsvetkov I., Dyn. Cont. Discr. Impul. Syst., Ser. A: Math. Analysis, 17, 501 (2010).
3. Ryashko L., Bashkirtseva I., Phys. Rev. E, 83, 061109 (2011).
4. Bashkirtseva I., Ryashko L., Physica A, 410, 236 (2014).
5. Башкирцева И.А., Насырова В.М., Ряшко Л.Б., Цветков И.Н., Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки, т. 26, с. 453-462 (2016).

К ВОПРОСУ О ВЕРИФИКАЦИИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Смолюк Л.Т.*, Смолюк А.Т., Проценко Ю.Л.

Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: justgazer@gmail.com

TO THE ISSUE ABOUT VERIFICATION OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODELS OF BIOLOGICAL TISSUE

Smoluk L.T.*, Smoluk A.T., Protsenko Y.L.

Institute of immunology and physiology Ural branch of the Russian academy of sciences, Yekaterinburg, Russia

The method of selecting optimum parameters of the myocardial morphofunctional unit model from experimental data of stress relaxation of isolated myocardial sample in response to stepwise stretch is proposed and tested. The method is carried out by parallel computing algorithms on GPU NVIDIA GeForce GTX 1070 with Pascal architecture. Compared with the use of calculations on the CPU, it was possible to achieve acceleration about 10^3 times for the number of parameter combinations of 10^6 .

Биологические ткани обладают многокомпонентной композитной структурой, определяющей ее функциональные свойства. Математическое описание биологических тканей осложняется главным образом нелинейностью их морфофункциональных характеристик и неоднородностью структуры ткани. Для анализа поведения тканей применяются структурно-функциональные модели. Нами разработана 3D модель морфофункциональной единицы биологической ткани, которая, на примере миокарда, позволяет оценить вклад основных структурных компонентов в формирование отклика ткани [1, 2]. Модель представляет собой

пространственную структуру, состоящую из линейных упругих и вязкоупругих элементов. Элементарный блок модели (морфофункциональная единица) характеризуется 7 параметрами: 3 геометрическими и 4 механическими.

Важной задачей в моделировании поведения биологических тканей является верификация модели по экспериментальным данным. Зачастую существующие методы оптимизации многопараметрической функции, которой является отклик модели (пр. алгоритм Левенберга-Марквардта), либо накладывают существенные ограничения на вид целевой функции, либо практически не реализуемы при подборе параметров модели по экспериментальным данным. Решение задачи "в лоб" путем перебора параметров также трудно реализуемо ввиду длительности вычислительного процесса. Однако, эту проблему возможно преодолеть, используя алгоритмы параллельных вычислений. Нами предложен и опробован метод подбора оптимальных параметров модели морфофункциональной единицы миокарда по экспериментальным данным релаксации напряжения изолированного образца миокарда в ответ на ступенчатую деформацию. Реализация выполнена с использованием CUDA Toolkit 8.0 в среде разработки Visual Studio 2015 с компилятором nvcc на одном вычислительном модуле NVIDIA GeForce GTX 1070 с архитектурой Pascal (CUDA Compute capability v6.1). По сравнению с использованием вычислений на центральном процессоре удалось добиться ускорения подбора параметров модели в 10^3 раз для количества комбинаций параметров 10^6 . В дальнейшем предполагается усовершенствовать алгоритм для выполнения на мультиграфических системах (от 4 до 8 GPU-модулей в рабочей станции) и кластерах из нескольких станций, что позволит дополнительно увеличить скорость вычислений не менее, чем в 10^2 раз.

Поддержано Программой фундаментальных исследований Президиума РАН № 43 по стратегическим направлениям развития науки на 2017 г. «Фундаментальные проблемы математического моделирования».

1. Smoluk, L. and Y. Protsenko, Acta Bioeng Biomech, 14(4): p. 37-44. (2012).
2. Smoluk, L., et al., 21st Congress of the European Society of Biomechanics. P. 608. Prague. (2015).