

Анализ стохастических феноменов в нейронной модели Рутькова

Насырова В.М.¹

Научный руководитель: Ряшко Л.Б.², д.ф.-м.н., профессор

Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет

¹nasyrova.ven@yandex.ru; ²Lev.Ryashko@urfu.ru

В настоящее время одной из активно разрабатываемых областей естествознания является математическое моделирование и анализ нелинейных динамических систем со сложными режимами поведения. Такого сорта системы возникают при изучении нейронной активности. Одним из важных свойств нейрона является возбудимость. Для ее исследования используются различные нелинейные динамические модели. В данной работе рассматривается дискретная модель, предложенная Рутьковым в [1]. Эта модель демонстрирует три основных режима нейронной активности: покой, спайкинг (периодически повторяющиеся всплески) и берстинг (чередование покоя и спайкинга). Любая живая клетка, в том числе и нейрон, реагирует на случайные возмущения. Целью работы является исследование данной модели при случайных возмущениях. В стохастическом варианте модели Рутькова наблюдается новый феномен индуцированной шумом генерации сложных мультимодальных осцилляций в параметрических зонах, где исходная детерминированная модель имеет только равновесное или строго периодические режимы. В работе методами прямого численного моделирования проведено исследование этого феномена, выявлена его причина, связанная с особенностями фазового портрета исходной детерминированной модели. Для параметрического анализа стохастических феноменов модели Рутькова использован метод функции стохастической чувствительности (ФСЧ) и основанный на нем метод доверительных областей, предложенные ранее в работах [2-5].

В результате работы были построены оценки для пороговых значений интенсивности шума, соответствующих переходу от режимов покоя и тонического спайкинга к стохастическому берстингу. Даются иллюстрации с помощью фазовых портретов, временных рядов и статических характеристик межспайковых интервалов. Результаты теоретического анализа, использующие ФСЧ, хорошо согласуются со значениями, полученными с помощью численного моделирования.

Литература

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. и др., Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки, т. 26, с. 453-462 (2016).