

Аппроксимационные свойства модели микротрубочки цитоскелета

БОРИЛО ИЛЬЯ АНАТОЛЬЕВИЧ

Томский государственный университет (Томск), Россия
e-mail: boriloilya@yandex.ru

СЛЯДНИКОВ ЕВГЕНИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

Томский государственный университет (Томск), Россия

Аннотация

Изучение механизмов адаптации живых организмов является источником новых методов обработки информации. Примером этого являются эволюция организмов (генетические алгоритмы), нейронные сети (персептроны). На основе воздействия анестетиков на одноклеточные организмы S. Hameroff выдвинул гипотезу о внутриклеточном механизме обработки информации с помощью микротрубочки цитоскелета [1].

Микротрубочка цитоскелета состоит из молекул тубулина причем каждая из обладает самопроизвольным дипольным моментом. В работе [2] показано локальное молекулярное электрическое поле молекулы тубулина E_i описывается выражением:

$$E_i = E_0 + \sum_j J_{ij} \cdot \tanh(E_j/T), \quad (1)$$

где E_0 – внешнее электрическое поле; J_{ij} – коэффициент связи i -го и j -го дипольных моментов; E_j – локальное поле j -ой молекулы тубулина, T – температура. Т.к. E_j описывается также выражением эквивалентным eqBorilo1, если подставить eqBorilo1 для E_j в eqBorilo1 для E_i , то полученное выражение будет эквивалентно многослойному персептрону. Если рассматривать полученный персептрон в приближении дискретного времени, данный персептрон будет обладать следующими особенностями: нейроны связанные прямыми связями бу-

дут связаны и обратными связями w_i , причем значения весовых коэффициентов данных связей будут симметричными. Данный персептрон будет описываться уравнениями eqBorilo2 и eqBorilo3.

$$y(t) = w_0 + \sum_i w_i \cdot \tanh(y_i(t-1)), \quad (2)$$

$$y_i(t-1) = w_{i0} + \sum_j w_{ij} \cdot \tanh(x(t-2)) + w_i \cdot \tanh(y(t-2)). \quad (3)$$

В данной формулировке он реализует отображение за конечное время заданных начальных значений множества одних нейронов $x(t-2)$ (вход сети) на значения выбранного множества других нейронов $y(t)$. Такой подход был выбран в связи с тем, что для многослойного персептрона прямого распространения доказана теорема[3]: Для любой непрерывной функции всегда найдется многослойный персептрон прямого распространения аппроксимирующий ее с заданной точностью.

Для класса персептронов, соответствующих микротрубочке цитоскелета, приведенная выше теорема не применима, т.к. класс многослойных персептронов прямого распространения не является его подклассом. Поэтому с точки зрения обработки информации микротрубочкой, было бы интересно определить какой класс функций может быть аппроксимирован рассматриваемым классом персептронов.

В ходе наших исследований была рассмотрена аппроксимация временных рядов

определяемых выражением:

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-T)), \quad (4)$$

где $y(t)$ – значения ряда в момент времени t . Было доказано, что для любого данного временного ряда существует персептрон соответствующий микротрубочке и пара чисел $T_0 > 0$ и $C > 0$, где $T_0 \in \mathbb{N}$ и $C \in \mathbb{R}$, таких что начиная с момента времени T_0 временной ряд будет аппроксимирован с заданной точностью, причем значения ряда $y(t)$ будут нормированы на C . Смысл T_0 состоит в том, что аппроксимация выходное значение определяется значениями в предыдущие моменты времени, если предположить что значения ряда начинают оценивать с момента времени $t = 0$, то $y_i(t-1)$, $y(t-2)$ и $x(t-2)$ будут произвольными. T_0 в момент времени ошибка из за произвольного начального состояния будет "меньше" заданной точности аппроксимации.

Список литературы

- [1] Stuart Hameroff, Richard C. Watt Information processing in microtubules //Journal of Theoretical Biology, 98, 1982, P. 549-561
- [2] Слядников Е.Е. Микроскопическая модель и фазовая диаграмма дипольной системы микротрубочки цитоскелета при конечных температурах // ЖТФ, Т.80, В.5, 2010, Стр 32–39.
- [3] K. Hornik. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators // Neural Networks, Vol. 2, 1989, P. 359-366.