

А.В.Бахшиев (асп., ЦНИИ РТК), Е.И.Юревич, д.т.н., проф.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО НЕЙРОНА И НЕЙРОННЫХ СТРУКТУР

Искусственные нейронные сети в настоящее время уже достаточно сильно развиты благодаря множеству исследований, проводимых в данной области. Однако модель формального нейрона, лежащая в их основе, учитывает лишь часть свойств преобразования информации присущих биологическому нейрону. Улучшая модель нейрона, мы сможем строить нейронные сети с лучшими пластическими свойствами.

Нейрон осуществляет преобразование потоков импульсов, поступающих на его входы, в один поток импульсов на выходе. Основные процессы преобразования импульсных потоков можно представить следующей схемой (рис.1).

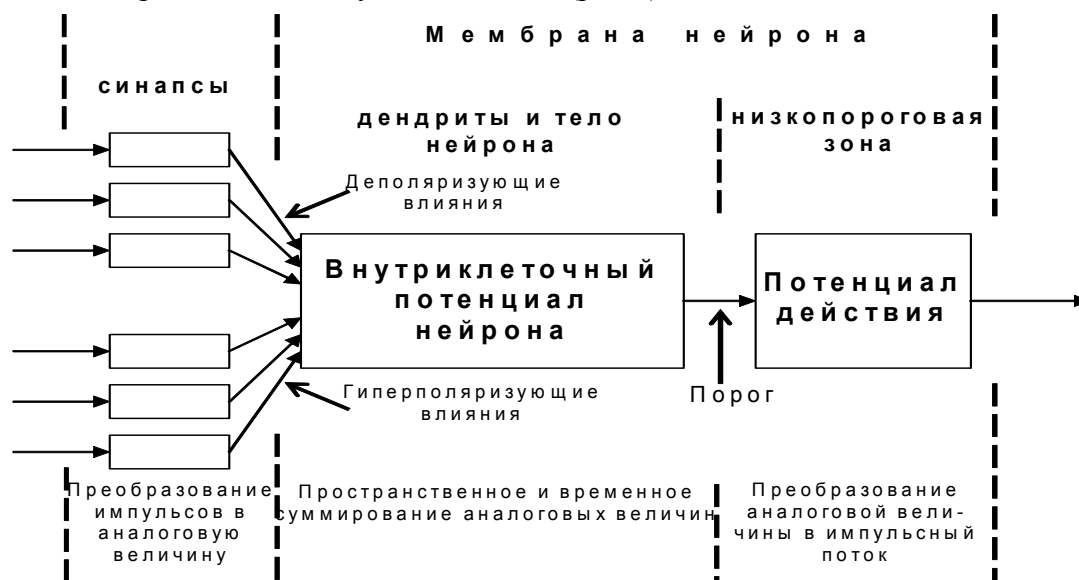


Рис. 1. Функциональная схема преобразования импульсных потоков в нейроне

Последовательности импульсов распространяются по выходным волокнам других нейронов без затухания. Воздействие на нейрон происходит в местах сближения волокон с мембраной нейрона, называемых синапсами, в которых осуществляется преобразование импульсов в аналоговую величину, вызывающую изменение внутриклеточного потенциала нейрона. Мембрана нейрона осуществляет пространственную и временную суммацию воздействий и генерирует импульс в ответ на превышение порога внутриклеточным потенциалом, величина которого определяется ионным механизмом транспорта ионов клетки.

Число уравнений построенной модели нейрона:

$$N = 2 \cdot k + \sum_{j=1}^k (n_j + m_j) + 3 ,$$

где  $k$  – число дендритов модели,  $n_j, m_j, j = \overline{1, k}$  – количество возбуждающих и тормозных входов.

Полная система уравнений, описывающая нейрон, нелинейна и меняется в зависимости от числа синапсов и количества моделируемых дендритов клетки.

На основе математической модели была разработана компьютерная модель. В качестве языка программирования был выбран язык С++ в реализации Borland С++ Builder 5.

Разработанный программный продукт “*Neuro Modeler*” структурно состоит из двух подсистем. Это вычислительная часть и подсистема обеспечения интерфейса взаимодействия с пользователем. Взаимодействие между подсистемами осуществляется через механизм запросов от подсистемы интерфейса к вычислительной подсистеме.

Вычислительное ядро реализовано в виде объектно-ориентированной библиотеки и полностью выполнено в ANSI стандарте языка С++, что позволяет легко переносить его на произвольную компьютерную платформу. Модель исследуемой системы управления предоставляется программе в виде файла, в котором описывается структура модели. Транслятор языка является частью ядра разработанной программной системы. Взаимодействие программы с пользователем обеспечивается посредством визуального оконного интерфейса.

Был проведен комплекс исследований на компьютерной модели для проверки адекватности исходной математической модели биологическому прототипу.

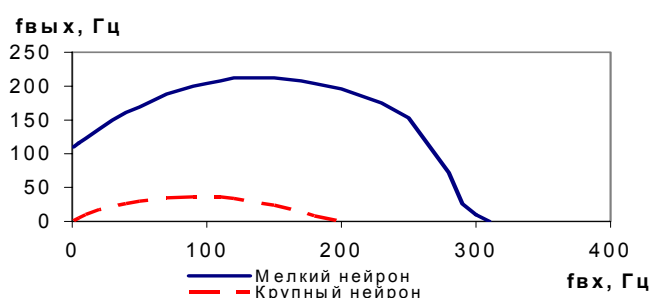


Рис. 2. Зависимость частоты ответов модели нейрона от частоты на входе

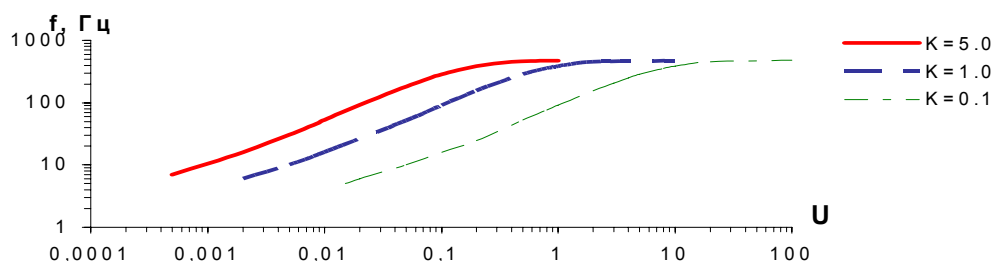


Рис. 3. Результаты исследования модели афферентного нейрона

На рис.2 представлена зависимость частоты последовательности импульсов на выходе нейрона от частоты возбуждающей последовательности при возбуждении по одному входу для нейронов различного размера. На рис.3 показана зависимость частоты последовательности на выходе афферентного нейрона от величины входного сигнала при различных значениях коэффициента чувствительности.

Разработанная компьютерная программа предоставляет необходимые средства для исследования процессов преобразования информации в естественных нейронных сетях произвольной структуры.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Миркес Е. М. Функциональные модели универсального нейрокомпьютера. Автореферат. Красноярск, 2000. – 42 с.
2. Романов С.П. Моделирование свойств ионного канала и исследование его роли в формировании импульсной активности нейрона // Нейрофизиология. – Киев, 1989. – т.21, №3. – с.379-389.

3. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. М.: Мир, 1992. – 184 с.
4. Экклс Дж. Физиология синапсов. – М.: Мир, 1966. – 396 с.