

Обучение простейшей нейронной сети с использованием симуляционного подхода

Андрианова Ульяна Антоновна

9 класс, МАОУ Лицей № 82 Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель В. Ю. Степасюк

студентка кафедры нейротехнологий ННГУ им. Н. И. Лобачевского

В работе исследованы алгоритмы обучения спайковых нейронных сетей, смоделированных в программе «Matlab». Выявлены зависимости веса связи от нейронного шума с помощью уравнения Ижикевича и принципа обучения Хебба. По полученным данным были обнаружены потери данных при обучении спайковых сетей стандартными методами.

Актуальность. Тема актуальна из-за использования спайковых нейронных сетей в практических приложениях и в области создания искусственного интеллекта. Но выявление закономерностей при обучении спайковой нейронной сети еще остается проблемой.

Цели и задачи. Целью работы было исследовать закономерность изменения силы связи между нейронами при частотном кодировании одиночного нейрона. Предметом исследования являлась сила связи между нейронами в спайковой нейронной сети. Задачей было провести частотное кодирование одиночного нейрона в программе “Matlab” и установить зависимость веса связи от частоты подачи импульса с помощью программы “Matlab”.

Методы. Спайковые нейронные сети состоят из нескольких слоев нейронов, прохождение сигнала по которым идет от пресинаптического нейрона к постсинаптическому. Прохождение сигнала по сети образует связь, имеющую определенный вес, который зависит от амплитуды электрического сигнала. Так как спайковые (импульсные) нейронные сети (СНС) были разработаны для более точной имитации живой природы, они работают в реальном времени. Как и нейроны мозга, клетки в спайковой нейросети накапливают потенциал, постепенно собранный со всех входных сигналов, а при отсутствии входных сигналов постепенно возвращаются к своему «нейтральному» состоянию. В таких сетях происходит нейронный шум - случайные внутренние электрические сигналы внутри сетей. Для моделирования работы нейронной сети мы использовали модель Ижикевича – математическую модель нейрона и его связей.

$$\begin{aligned}v &= 0.04v^2 + 5v + 140 - u + I, \\u &= a(bv - u), \\ \text{if } v(t) \geq 30 \text{ then } &\begin{cases} v(t) \leftarrow c \\ u(t) \leftarrow u(t) + d \end{cases}\end{aligned}$$

Также использовался принцип обучения Хебба - если аксон клетки А возбуждает клетку В, то наблюдается некоторый процесс роста в клетках, ведущий к увеличению эффективности А, как одной из клеток, возбуждающих В. (Рис.1.)

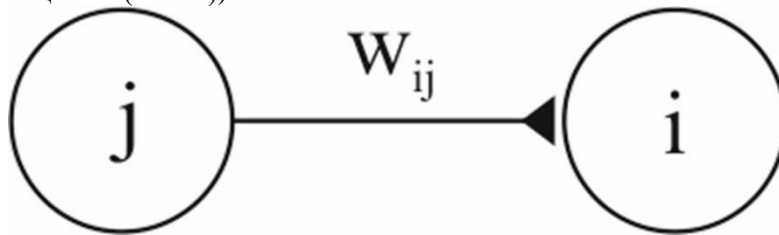


Рис.1. Модель веса связи между нейронами.

Результаты

Мы провели серию экспериментов по выявлению зависимости веса связи от частоты импульсов пресинаптического нейрона с помощью уравнения Ижикевича и принципа обучения Хебба. (Рис.2.)

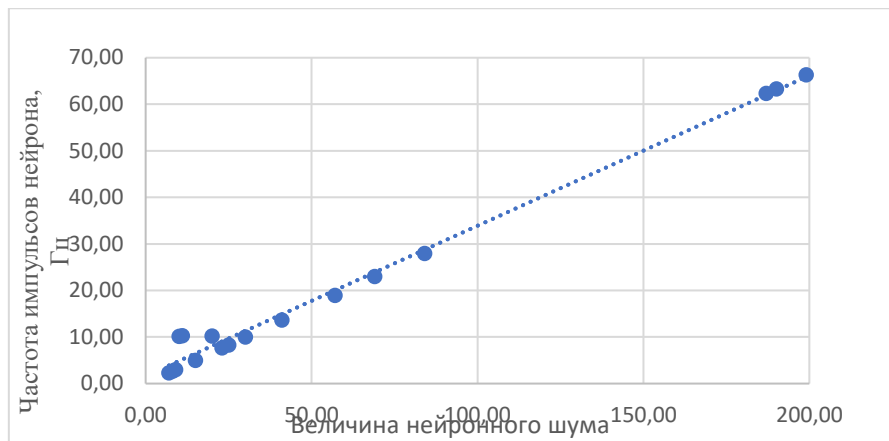


Рис.2. Зависимость веса связи от частоты импульсов пресинаптического нейрона, выведенная в программе «Matlab».

В предыдущих экспериментах мы доказали зависимость частоты импульсации нейрона от шума. Далее мы запрограммировали эту частоту с помощью шума и ввели в код вес связи между нейронами. Также мы увеличили время эксперимента для формирования связи (с 100000 мс до 10000000 мс). Зависимость подтвердилась. (Рис.3.)

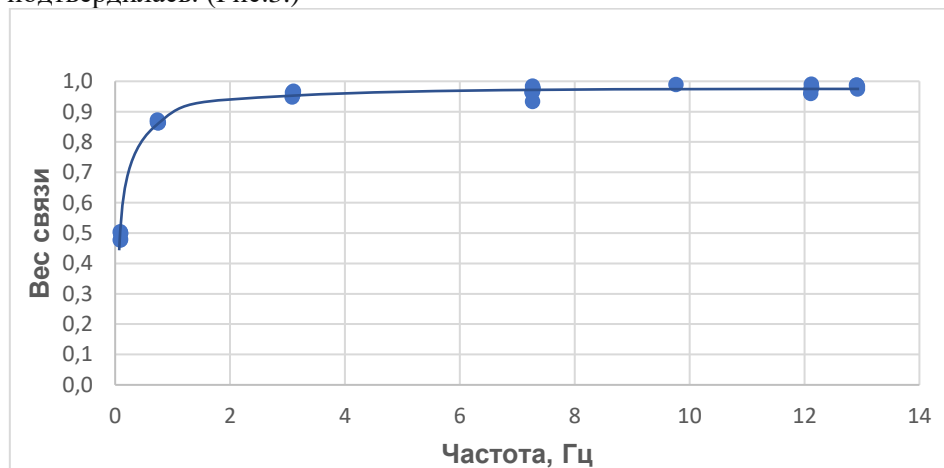


Рис.3. Зависимость веса связи от частоты спайков в нейронной сети

Выводы

Результатами исследования являются следующие выводы: зависимость между частотой импульсов пресинаптического нейрона и веса связи имеет нелинейный характер.

При определенном значении частоты связь между нейронами становится близка к максимуму и дальше не увеличивается или увеличивается медленно, стремясь к единице. До этого значения наблюдается достаточно резкое возрастание веса связи при увеличении частоты активации пресинаптического нейрона.

Вес связи в спайковой нейронной сети не может расти неограниченно, поэтому уравнение Хебба подразумевает ограничений значений веса связи от 0 до 1, где 0 - отсутствие связи, а 1 - передача импульса без потерь. Это доказывает невозможность абсолютно идентичного обучения спайковой сети и человеческого мозга. Результаты данной работы можно использовать для выявления алгоритмов обучения спайковых нейронных сетей.

Использованная литература

- Поляков Г. И. О принципах нейронной организации мозга, М: МГУ, 1965 (Электронный ресурс. Дата обращения: 23.12.2021)
- <https://habr.com/ru/post/499046/> (Электронный ресурс. Дата обращения: 06.01.2022)
- <https://proglab.io/p/spiking-neural-networks> (Электронный ресурс. Дата обращения: 12.01.2022)
- <https://habr.com/ru/post/201220/>

- (Электронный ресурс. Дата обращения: 30.01.2022)
- Есир П.М., Симонов А.Ю. ВВЕДЕНИЕ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ GPU ВЫЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ СПАЙКОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ Нижний Новгород 2014 год
- (Электронный ресурс. Дата обращения: 19.02.2022)
- <https://habr.com/ru/post/102305/>
(Электронный ресурс. Дата обращения: 21.02.2022)
 - Hebb, D. O. *The organization of behavior: a neuropsychological theory*. New York (2002)
(Оригинальное издание — 1949)
- (Электронный ресурс. Дата обращения: 26.02.2022)
- Rosenblatt F. *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. Washington, DC: Spartan Books (1962).
- (Электронный ресурс. Дата обращения: 07.03.2022)
- <https://static.my-shop.ru/product/pdf/367/3663003.pdf>
(Электронный ресурс. Дата обращения: 07.03.2022)