

Заряєв Д. В. магістрант, Шамровський О. Д., д. т. н., професор, науковий керівник

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЗА ДОПОМОГОЮ СПАЙКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

Запорізька державна інженерна академія, кафедра ПЗАС

Останніми роками, після двох десятиріч майже повного забуття популярність штучних нейронних мереж істотно виросла. Насамперед, це зумовлено збільшенням потужності обчислюваної техніки: зараз можна використовувати недоступні раніше методи та моделі. Завдяки останнім дослідженням ми дізналися що нейрони у мозку обмінюються не просто електричним потенціалом, а так званими спайками [1]. Спайк — імпульс постійної амплітуди і тривалості. Інформація кодується в інтервалах між цими імпульсами, та в їх паттерні.

Новітні нейронні мережі які використовують цей принцип називаються Спайкові нейронні мережі (англ. Spiking neural networks). Цей тип мереж майже повністю копіює процеси, що відбуваються в мозку людини. Є декілька математичних моделей цих мереж:

- модель *Інтегрування і збудження* винайдена у 1907 році, досить легка для обчислення [2], проте недостатньо добре моделює роботу біологічних нейронів;
- модель *Годжкіна — Гакслі* [3] є найбільш близькою до біологічних нейронів, проте потребує дуже багато обчислень [4];
- модель *Іжкєвича* [5] має хороший компроміс між складністю обчислення та точністю моделювання біологічних процесів.

Модель штучного нейрона Іжкєвича складається з двох диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned}v' &= 0.04v^2 + 5v + 140 - u + I \\u' &= a(bv - u)\end{aligned}$$

$$\text{якщо } v \geq 30\text{mV, то } v \leftarrow c; u \leftarrow u + d$$

Де a, b, c, d це константи які підбираються в залежності від типу нейрону [5]. v характеризує потенціал мембрани у будь який момент часу, u це абстрактна безрозмірна величина яка характеризує відновлення мембрани. I характеризує потенціал що приходить до цього нейрону від інших нейронів по синапсам.

Нажаль для навчання цих мереж ще не було придумано нічого кращого аніж модифікації правила Хебба — методу *Пластичності залежної від часу спайків* [6] (англ. Spike-timing-dependent plasticity). Цей метод є досить простим та одночасно досить потужним: він дозволяє модифікувати потужність синапсів між окремими нейронами.

Навчання з підкріпленням [7] — це метод навчання без вчителя, у якому агенти формують поведінку завдяки самовдосконаленню на основі “нагороди” від зовнішнього середовища. Однак, під час застосування алгоритмів навчання з підкріпленням до задач робототехніки, зазвичай виникають труднощі тому що більшість алгоритмів базується на дискретності та на можливості спостереження повного стану системи. Проте системи реального світу мають деякі приховані стани, які можуть бути лише припущені агентом. Замість “вчителя” в цьому методі навчання вводиться блок “критика”, який відслідковує реакцію середовища на вхідний сигнал і опираючись на неї визначає евристичну похибку, яку покладено в процес навчання мережі.

У якості проблеми для вирішення була обрана проблема вертикальної посадки ракети. Зрозуміло, що нейронна мережа потребує часу на навчання, тому спочатку потрібно було досягти прийнятних результатів у віртуальній симуляції. Тобто у нас є середовище та агент (ракета, яка має набір сенсорів) який змінюючи свої параметри (регулювання сили та напрямку тяги ракетного двигуна) змінює стан всієї системи. Динамічною систему роблять сили які неможливо передбачити, наприклад пориви вітру.

Спайкова нейронна мережа має наступну структуру:

- групи сенсорних нейронів — було вирішено взяти по 20 нейронів у кожну групу та по 1 групі на кожен сенсор;
- групи моторних нейронів — також було вирішено взяти по 20 нейронів у групу та по 1 групі на кожен афектор;
- 300 проміжних нейронів, із них збуджуючи та гальмуючі складають 80% та 20% відповідно;
- 20 допамінових нейронів які під час активації вивільняють нейромедіатор. Цей процес є найбільш вірогідним, з точки зору сучасної науки, процесом навчання, що відбувається у мозку людини.

Кожна група моторних нейронів з'єднана зі своїм інтегруючим нейроном [2]. Це потрібно для того щоб активувати афектор тільки у разі активації достатньої кількості моторних нейронів.

Висновки

Під час науково-дослідницької роботи було досліджено новітні течії та перспективні досягнення в області штучного інтелекту, зокрема штучних нейронних мереж. Досить детально було досліджено спайкові нейронні мережі та процес їх навчання.

Література

1. Wolfgang Maass. Networks of spiking neurons: the third generation of neural network models. *Neural networks*, 10(9):1659–1671, 1997.
2. Eugene M Izhikevich. Which model to use for cortical spiking neurons? *Neural Networks, IEEE Transactions on*, 15(5):1063–1070, 2004.
3. Alan L Hodgkin and Andrew F Huxley. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *The Journal of physiology*, 117(4):500, 1952.
4. Eugene M Izhikevich. Which model to use for cortical spiking neurons? *Neural Networks, IEEE Transactions on*, 15(5):1063–1070, 2004.
5. Eugene M Izhikevich. Simple model of spiking neurons. *Neural Networks, IEEE Transactions on*, 14(6):1569–1572, 2003.
6. Sen Song, Kenneth D Miller, and Larry F Abbott. Competitive hebbian learning through spike-timing-dependent synaptic plasticity. *Nature neuroscience*, 3(9):919–926, 2000.
7. Richard S Sutton and Andrew G Barto. Reinforcement learning: An introduction, volume 1. Cambridge Univ Press, 1998.