

ВИКОРИСТАННЯ СПАЙКІНГОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У РОЗПІЗНАВАННІ МОВНИХ КОМАНД

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядаються особливості використання спайкінгових нейронних мереж для розпізнавання мовних команд, розглянуті моделі спайкінгових нейронів та методи моделювання, їх особливості.

Ключові слова: Спайкінгові нейронні мережі, SNN, нейрон, розпізнавання, машинне навчання.

Abstract

The article considers the peculiarities of the use of spiking neural networks to speech command recognition tasks, considered models of spiking neurons, and methods of modelling, their features.

Keywords: Spiking neural networks, SNN, neuron, recognition, machine learning.

Сучасні системи голосового керування вимагають високої енергоефективності та здатності працювати в режимі реального часу на мобільних пристроях. Традиційні архітектури нейронних мереж (CNN, RNN) демонструють високу точність, проте споживають значну кількість обчислювальних ресурсів через необхідність постійного оновлення стану всіх нейронів. Спайкінгові нейронні мережі (SNN) є перспективною технологією для обробки часових даних, таких як мовні команди, завдяки своїй біологічно достовірній архітектурі. Вони моделюють процеси, що відбуваються в нейронах живих організмів, де інформація передається через імпульси або спайки, а не як безперервні значення. Це дозволяє спайкінговим мережам обробляти дані з високою енергоефективністю і при низьких обчислювальних витратах. Застосування SNN в розпізнаванні мовних команд дає низку переваг, зокрема в обробці часових та акустичних залежностей, що є критично важливим для цього завдання.

Структура спайкінгової нейронної мережі містить вхідні нейрони (вхідний шар), інтернейрони (проміжковий шар, або — мікро мережа) та вихідні нейрони (вихідний шар). Така структура подібна структурі мозку, де є аферентні (сенсорні), проміжкові та еферентні (ефекторні) нейрони. Питома кількість і ваги синаптичних зв'язків кожного нейрона в такій мережі вибираються на основі даних нейрофізіологічних досліджень (тобто за аналогією з біологічними нейронними мережами). Випадковість вибору нейронів, які зв'язані з будь-яким нейроном в мережі, приводить до виникнення багатоконтурних зворотних зв'язків, тобто такі спайкові нейронні мережі є рекурентними.

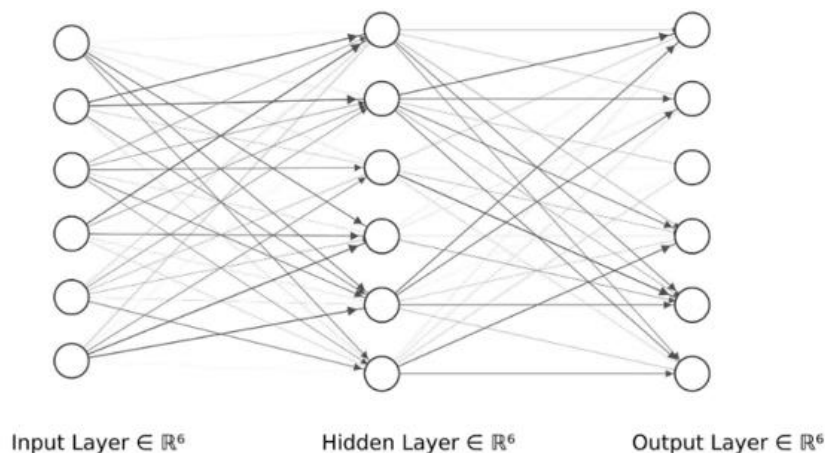


Рисунок 1 – Архітектура спайкінгової нейронної мережі

Однією з головних переваг SNN є їхня здатність імітувати біологічні процеси нейронів, що дозволяє досягти вищої енергоефективності при обробці даних порівняно з традиційними нейронними мережами. Нейрони в SNN генерують імпульси лише при перевищенні порогу

потенціалу, що означає, що вони не витрачають енергію на обробку кожного вхідного сигналу. Така організація дозволяє працювати в реальному часі та знижувати вимоги до обчислювальних ресурсів, що є важливою характеристикою для застосувань на мобільних пристроях або в Інтернеті речей (IoT).

Мовні сигнали мають складну часову структуру, де важлива кожна деталь, від тимчасових інтервалів до варіацій висоти тону і гучності. Спайкінгові нейронні мережі здатні обробляти таку інформацію завдяки своїй здатності враховувати час між спайками. У традиційних нейронних мережах обробка таких тимчасових даних, як аудіо сигнали, потребує додаткових методів, таких як рекурентні або згорткові мережі, які зазвичай займають більше часу і ресурсів для тренування та обробки.

У випадку SNN, кожен спайк несе інформацію про момент часу, що дозволяє мережі ефективно виявляти закономірності, що є критичними для задач розпізнавання голосових команд. Це дає можливість краще враховувати зміни інтонації та інші важливі характеристики мови, що підвищує точність розпізнавання.

У реальних умовах, особливо в шумних середовищах, розпізнавання мовних команд є складним завданням через наявність перешкод. Спайкінгові нейронні мережі мають перевагу перед традиційними методами, оскільки вони мають високу стійкість до шуму. Це обумовлено тим, що спайкові мережі можуть фільтрувати неважливі сигнали та фокусуватися на критичних для класифікації спайках.

Завдяки своїй біологічній достовірності, спайкінгові нейронні мережі забезпечують високу точність розпізнавання мовних команд, при цьому значно знижуючи споживання енергії порівняно з класичними моделями. Це є великим плюсом для мобільних або вбудованих пристроїв, де ресурси обмежені. Спайкінгові мережі дозволяють зберігати точність навіть на малопотужних пристроях, що робить їх перспективними для використання в розумних пристроях, як-от віртуальні асистенти, голосові помічники та інші системи, що використовують голосові команди для керування.

Вони здатні працювати з більш високим рівнем шуму без втрати точності, що є особливо важливим для використання в реальному часі в умовах низької якості звуку або багатьох паралельних звуків.

SNN можуть бути адаптовані до нових умов або додаткових мовних команд з меншою кількістю даних для перенавчання. Це важлива перевага для систем, які повинні постійно адаптуватися до нових мовних команд, акцентів чи варіантів мовлення. Наприклад, якщо користувач додає нову команду або змінює акцент, спайкові мережі можуть зберігати здатність до швидкої адаптації, без необхідності виконувати тривалий процес перенавчання, що зазвичай вимагають інші підходи.

Однак спайкінгові нейронні мережі мають деякі недоліки. Одним з основних є складність їх налаштування та розробки, оскільки для ефективного використання цієї технології необхідно мати глибокі знання в галузі нейробіології та нейромоделювання. Більш того, існує менша кількість готових інструментів для їх реалізації, ніж для традиційних нейронних мереж, що ускладнює розробку та вимагає спеціалізованих знань для побудови ефективних моделей.

Перспективи розвитку спайкінгових нейронних мереж для розпізнавання мовних команд виглядають дуже обнадійливо. З покращенням технологій і розробкою нових бібліотек для SNN, ці мережі можуть стати основним інструментом для створення високоточних, енергоефективних систем розпізнавання мовлення в реальному часі. Подальші дослідження та розвиток цих технологій дозволять створювати все більш потужні й точні системи, що працюють в реальних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kolesnytskyj O. K. Optoelectronic Implementation of Pulsed Neurons and Neural Networks Using Bispin-Devices / O. K. Kolesnytskyj, I. V. Bokotsey, S. S. Yaremchuk // *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics)*. – 2010. – Vol.19. – №2. – P.154–165. – ISSN 1060-992X.
2. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78. Alnajjar, F.; Murase, K. "A simple Aplysia-like spiking neural network to generate adaptive behavior in autonomous robots". *Adaptive Behavior*. **14** (5): 306–324.

3. Spiking Neural Networks and Online Learning: An Overview and Perspective / J. Lobo et al. echno- logico Bizkaia,. 2019. No. 700.
4. Gerstner W. Spiking neuron models: Single neurons, populations, plasticity. Cambridge, U.K : Cambridge University Press, 2002. 480 p.
5. Колесницький О. К. Компактна оптоелектронна реалізація імпульсної нейронної мережі / О. К. Колесницький, І. В. Бокоцей // Оптико-електронні інформаційноенергетичні технології. – 2010. – №2. – С.54-62.

Дзюбан Тетяна Дмитрівна - студентка групи 4КН-22Б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник – **Колесницький Олег Костянтинович** – керівник проф. кафедри комп'ютерних наук, к. т. н., проф., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Tetiana Dziuban D. - student, faculty of intelligent information technologies and automation, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya.

Supervisor – **Oleh Kolesnytskyj K.** – Cand. tech Sciences, Associate Professor, Department of Computer Science, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya.